

УДК 55:57:58:59:61:91  
ISSN 2500-2961

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ  
ТЕХНОЛОГИИ

2019. Т. 9. № 1

**Природа и человек:  
экологические исследования**

**Учредитель  
и издатель:**

Московский  
педагогический  
государственный  
университет

ПИ № ФС 77–67765  
от 17.11.2016 г.

**Адрес редакции:**  
109240, Москва,  
ул. В. Радищевская,  
д. 16–18, каб. 223

**Сайт:**

[www.soc-ecol.ru](http://www.soc-ecol.ru)

**E-mail:**

[izdat\\_mgopu@mail.ru](mailto:izdat_mgopu@mail.ru)

Издается с 2011 г.

Выходит 4 раза в год

Журнал входит в Перечень ведущих  
рецензируемых научных журналов  
и изданий ВАК РФ:

**Биологические науки**

03.02.01 – Ботаника

03.02.07 – Генетика

03.02.08 – Экология

03.02.13 – Почвоведение

03.02.14 – Биологические ресурсы

03.03.01 – Физиология

03.03.06 – Нейробиология

**Науки о Земле**

25.00.23 – Физическая география

и биогеография, география почв  
и геохимия ландшафтов

25.00.36 – Геоэкология

**Подписной индекс журнала по Объединенному каталогу  
«Пресса России» – 85004**

ISSN 2500-2961

ENVIRONMENT AND HUMAN:  
ECOLOGICAL STUDIES

2019. Vol. 9. № 1

**Socialno-ecologicheskie  
Technologii**

**THE FOUNDER  
AND PUBLISHER:**  
Moscow Pedagogical  
State University

It is included in the list of the leading peer-reviewed scholarly journals the Higher Attestation Commission of The Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation recommends to PhD candidates and those working for their habilitation who wish to publish the results of their research.

Mass media  
registration  
certificate

ПИ № ФС 77–67765  
as of 17.11.2016

The journal has been published since 2011

The journal is published 4 times a year

**Editorial office:**  
Moscow, Russia,  
Verhnyaya  
Radishchevskaya str.,  
16–18, room 223,  
109240

E-mail: [izdat\\_mgopu@mail.ru](mailto:izdat_mgopu@mail.ru)  
Information on journal can be  
accessed via: [www.soc-ecol.ru](http://www.soc-ecol.ru)

## Редакционная коллегия

*Главный редактор*

**Марина Викторовна Костина** – доктор биологических наук, доцент; профессор кафедры ботаники Института биологии и химии, Московский педагогический государственный университет

*Заместитель главного редактора*

**Зинаида Ивановна Гордеева** – кандидат географических наук, профессор; профессор кафедры экологии и природопользования географического факультета, Московский педагогический государственный университет

*Ответственный секретарь*

**Екатерина Олеговна Королькова** – кандидат биологических наук, доцент; доцент кафедры ботаники Института биологии и химии, Московский педагогический государственный университет

**Павел Алексеевич Агапов** – кандидат биологических наук; доцент кафедры анатомии и физиологии человека и животных Института биологии и химии, Московский педагогический государственный университет; научный сотрудник лаборатории анатомии и архитектоники мозга Отдела исследований мозга, Научный центр неврологии, г. Москва

**Сурхай Рахим оглы Аллахвердиев** – доктор биологических наук, профессор; профессор кафедры лесной индустрии лесного факультета, Бартынский государственный университет, Турция

**Ирина Олеговна Алябина** – доктор биологических наук, доцент; профессор кафедры географии почв факультета почвоведения, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

**Ирина Вениаминовна Беляева-Чемберлен** – доктор биологических наук; редактор содержания (номенклатура и таксономия) баз данных растений и грибов отдела «Биоразнообразие, биоинформатика и анализ распространения растений», Королевские ботанические сады, Кью, Великобритания

**Владимир Владимирович Бобров** – кандидат биологических наук; старший научный сотрудник лаборатории сохранения биоразнообразия и использования биоресурсов, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва

**Алексей Владимирович Богданов** – доктор биологических наук; главный научный сотрудник лаборатории прикладной физиологии высшей нервной деятельности человека, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, г. Москва

**Василий Николаевич Бурдь** – доктор химических наук (ВАК Республики Беларусь); профессор кафедры химии и химической технологии факультета биологии и экологии, Гродненский государственный университет им. Я. Купалы, Республика Беларусь

**Владимир Павлович Викторov** – доктор биологических наук, доцент; заведующий кафедрой ботаники Института биологии и химии, Московский педагогический государственный университет

**Юлия Константиновна Виноградова** – доктор биологических наук; главный научный сотрудник отдела флоры, Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, г. Москва

**Юрий Никифорович Водяницкий** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент; профессор кафедры общего почвоведения факультета почвоведения, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

**Ольга Владимировна Галанина** – кандидат биологических наук; доцент кафедры биогеографии и охраны природы Института наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный университет

**Владимир Борисович Дорохов** – доктор биологических наук; заведующий лабораторией нейробиологии сна и бодрствования, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, г. Москва

**Александр Сергеевич Зернов** – доктор биологических наук; профессор кафедры высших растений биологического факультета, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

**Василий Иванович Ерошенко** – кандидат педагогических наук, доцент; заведующий кафедрой экологии и природопользования географического факультета, Московский педагогический государственный университет

**Сергей Вячеславович Левыкин** – доктор географических наук, профессор; заведующий лабораторией агроэкологии и землеустройства, Институт степи Уральского отделения РАН, г. Оренбург

**Дмитрий Леонидович Лопатников** – доктор географических наук, доцент; профессор кафедры управления развитием территорий и регионалистики факультета социальных наук, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва

**Татьяна Михайловна Лысенко** – доктор биологических наук, доцент; ведущий научный сотрудник лаборатории проблем фиторазнообразия, Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти Самарской области; ведущий научный сотрудник лаборатории общей геоботаники, Ботанический институт им. ВЛ. Комарова РАН, г. Санкт-Петербург

**Ирина Владимировна Лянгузова** – доктор биологических наук, старший научный сотрудник; ведущий научный сотрудник лаборатории экологии растительных сообществ, Ботанический институт им. ВЛ. Комарова РАН, г. Санкт-Петербург

**Наталья Олеговна Минькова** – кандидат биологических наук, доцент; заместитель проректора по учебной работе, Севастопольский государственный университет

**Сергей Владимирович Наугольных** – доктор геолого-минералогических наук, профессор; главный научный сотрудник лаборатории палеофлористики, Геологический институт РАН, г. Москва

**Наталья Борисовна Панкова** – доктор биологических наук, доцент; главный научный сотрудник лаборатории физико-химической и экологической патофизиологии, Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии, г. Москва

**Светлана Камильевна Пятунина** – кандидат биологических наук, доцент; директор Института биологии и химии, Московский педагогический государственный университет

**Владимир Николаевич Сальков** – доктор медицинских наук; старший научный сотрудник лаборатории функциональной морфохимии Отдела исследований мозга, Научный центр неврологии, г. Москва

**Олег Викторович Созинов** – кандидат биологических наук, доцент (ВАК Республики Беларусь); заведующий кафедрой ботаники, Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Республика Беларусь

**Владимир Семёнович Фридман** – кандидат биологических наук; старший научный сотрудник лаборатории экологии, биологических инвазий и охраны природы кафедры высших растений биологического факультета, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

**Алексей Владимирович Чернов** – доктор географических наук, доцент; ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева географического факультета, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

**Андрей Викторович Щербаков** – доктор биологических наук; ведущий научный сотрудник лаборатории экологии, биологических инвазий и охраны природы кафедры высших растений биологического факультета, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

**Михаил Сергеевич Яблоков** – кандидат биологических наук; эксперт WWF России

**Владимир Иванович Яшичев** – доктор химических наук, профессор; профессор кафедры экологии и природопользования географического факультета, Московский педагогический государственный университет

## Editorial Board

### *Editor-in-Chief*

**Marina V. Kostina** – professor at the Department of Botany at the Institute of Biology and Chemistry, Moscow Pedagogical State University, Russia

### *Deputy Chief Editor*

**Zinaida I. Gordeeva** – professor at the Department of Ecology and Environmental Sciences at the Faculty of Geography, Moscow Pedagogical State University, Russia

### *Executive secretary*

**Ekaterina O. Korolkova** – associate professor at the Department of Botany at the Institute of Biology and Chemistry, Moscow Pedagogical State University, Russia

**Pavel A. Agapov** – associate professor at the Department of Anatomy and Physiology at the Institute of Biology and Chemistry, Moscow Pedagogical State University; researcher at the Anatomy and Architectonics Laboratory at the Brain Research Department, Research Center of Neurology, Moscow, Russia

**Surhai R. Allahverdiev** – professor at the Forestry Department, Bartin University, Turkey

**Irina O. Alyabina** – professor at the Soil Geography Department at the Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University, Russia

**Irina V. Belyaeva-Chamberlain** – content editor – Plant & Fungal Names, Biodiversity Informatics & Spatial Analysis, Royal Botanic Gardens, Kew, United Kingdom

**Vladimir V. Bobrov** – senior researcher at the Laboratory of Biodiversity Conservation and Use of Biological Resources, A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Aleksej V. Bogdanov** – head at the Laboratory of General Physiology of Temporary Connections, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Vasilii N. Burd** – professor at the Department of Chemistry and Chemical Technology at the Faculty of Biology and Ecology, Yanka Kupala State University of Grodno, Republic of Belarus

**Aleksei V. Chernov** – leading researcher at the N.I. Makkaveev Research Laboratory of Soil Erosion and Channel Processes at the Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Russia

**Vladimir B. Dorohov** – head at the Laboratory of Neurobiology of Sleep and Wakefulness, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Vasilii I. Eroshenko** – head at the Department of Ecology and Environmental Sciences at the Faculty of Geography, Moscow Pedagogical State University, Russia

**Vladimir S. Friedman** – senior researcher at the Laboratory of Ecology, Biological Invasions and Conservation at the Department of Higher Plants of Biological Faculty, Lomonosov Moscow State University, Russia

**Olga V. Galanina** – associate professor at the Department of Biogeography and Environmental Protection at the Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University, Russia

**Sergey V. Levykin** – head at the Agroecology and Land Management Laboratory, Institute of Steppe, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

**Dmitry L. Lopatnikov** – professor at the Department of Territorial Development and Regional Studies at the Faculty of Social Sciences, National Research University “Higher School of Economics”, Moscow, Russia

**Irina V. Lyanguzova** – leading researcher at the Laboratory of Ecology of Plant Communities, Komarov Institute of Botany, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

**Tatyana M. Lysenko** – senior researcher at the Laboratory of Phytodiversity Problems, Institute of Ecology of the Volga River Basin, Russian Academy of Science, Togliatti, Samara region, Russia

**Natalia O. Minkova** – deputy vice-rector for Academic Affairs, Sevastopol State University, Russia

**Serge V. Naugolnykh** – chief scientific officer at the Laboratory of Paleofloristics, Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Natalia B. Pankova** – chief scientific officer at the Laboratory of Physical-Chemical and Environmental Pathophysiology, Institute of General Pathology and Pathophysiology, Moscow, Russia

**Svetlana K. Piatunina** – director at the Institute of Biology and Chemistry, Moscow Pedagogical State University, Russia

**Vladimir N. Salkov** – senior researcher at the Laboratory of Functional Morphochemistry, Research Center of Neurology, Moscow, Russia

**Andrei V. Scherbakov** – leading researcher at the Laboratory of Ecology, Biological Invasions and Nature Protection of Higher Plants at the Biological Faculty, Lomonosov Moscow State University, Russia

**Oleg V. Sozinov** – head at the Department of Botany, Yanka Kupala State University of Grodno, Republic of Belarus

**Yulia K. Vinogradova** – chief researcher at the Flora Department, Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Vladimir P. Viktorov** – head at the Department of Botany at the Institute of Biology and Chemistry, Moscow Pedagogical State University, Russia

**Yury N. Vodyanitsky** – professor at the Department of General Soil Science at the Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University, Russia

**Mikhail S. Yablokov** – expert WWF Russia

**Vladimir I. Yashkichev** – professor at the Department of Ecology and Environmental Sciences at the Faculty of Geography, Moscow Pedagogical State University, Russia

**Aleksandr S. Zernov** – professor at the Department of Higher Plants at the Biological Faculty, Lomonosov Moscow State University, Russia

## Содержание

### ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ

*И.А. Ермацанс, Ю.Л. Болотский,  
И.Ю. Болотский, Г.Н. Гатаулина*

Динозавры из позднемезозойского местонахождения  
позвоночных Гильчин (Россия, Амурская область) . . . . . 9

### ОПЫТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ

*Е.А. Шишконокова, Н.А. Аветов,  
Т.Ю. Толтышева, А.А. Тарлинская*

Растительная индикация термокарстовых образований  
бугристых болот в южной части парка Нумто  
(Западная Сибирь) . . . . . 27

### ИССЛЕДОВАНИЯ АНТРОПОГЕННО-ИЗМЕНЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ И УРБЭКОЛОГИЯ

*А.В. Козлов, А.Х. Куликова,  
О.В. Селіцкая, И.П. Уромова*

Изменение активности гидролазно-оксидоредуктазного  
ферментного комплекса и показателей плодородия  
дерново-подзолистой почвы под действием  
бентонитовой глины . . . . . 58

*С.В. Левыкин, Г.В. Казачков, В.П. Чибилёва*

К потенциалу опережающего развития степей России . . . . . 79

### АНТРОПОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

*А.Н. Пучкова, О.Н. Ткаченко, И.П. Трапезников,  
И.А. Пилецкая, Е.В. Тиунова, М.М. Сазонова,  
А.О. Таранов, С.С. Груздева, В.Б. Дорохов*

Оценка потенциальных возможностей амбулаторного устройства  
Dreem, предназначенного для ЭЭГ-синхронизированной  
акустической стимуляции во время сна . . . . . 96

### СООБЩЕНИЯ

*Т.Ю. Толтышева*

Находка лишайников в гнезде зяблика европейского  
(*Fringilla coelebs*) . . . . . 113

# Contents

## STUDY AND CONSERVATION OF BIOLOGICAL DIVERSITY

*I.A. Ermatsans, Yu.L. Bolotsky,  
I.Yu. Bolotsky, G.N. Gataulina*

Dinosaurs from the location of Gilchins vertebrates  
of the late Mesozoic era (Russia, Amur region) . . . . . 9

## EXPERIENCE ENVIRONMENTAL STUDY AREAS

*E.A. Shishkonankova, N.A. Avetov,  
T.Yu. Tolpysheva, A.A. Tarlinskaya*

Plant indication of thermocarst forms in palsa mires  
in the south of Nature Park Numto (West Siberia). . . . . 27

## ANTHROPOGENICALLY MODIFIED ECOSYSTEMS AND URBAN ECOLOGY

*A.V. Kozlov, A.H. Kulikova,  
O.V. Selitskaya, I.P. Uromova*

Change of gydrolase and oxide reductase  
fermental complex activity and indicators of fertility  
to sod-podsolic soil under action of bentonite clay. . . . . 58

*S.V. Levykin, G.V. Kazachkov, V.P. Chibilyova*

To the potential of advancing development  
of the steppes of Russia . . . . . 79

## ANTHROPOECOLOGICAL RESEARCH

*A.N. Puchkova, O.N. Tkachenko, I.P. Trapeznikov,  
I.A. Piletskaya, E.V. Tiunova, M.M. Sazonova,  
A.O. Taranov, S.S. Gruzdeva, V.B. Dorokhov*

Assessment of potential capabilities of Dreem:  
An ambulatory device for EEG phase-locked acoustic stimulation  
during sleep . . . . . 96

## NOTES

*T.Yu. Tolpysheva*

Lichens in birds nest construction of chaffinch  
(*Fringilla coelebs*) . . . . . 113



DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-1-9-26

**И.А. Ермацанс<sup>\*</sup>, Ю.Л. Болотский<sup>\*\*</sup>,  
И.Ю. Болотский<sup>\*\*</sup>, Г.Н. Гатаулина<sup>\*\*</sup>**

<sup>\*</sup> Амурский научный центр

Дальневосточного отделения Российской академии наук,  
675000 г. Благовещенск, Амурская обл., Российская Федерация

<sup>\*\*</sup> Институт геологии и природопользования

Дальневосточного отделения Российской академии наук,  
675000 г. Благовещенск, Амурская обл., Российская Федерация

## Динозавры из позднемезозойского местонахождения позвоночных Гильчин (Россия, Амурская область)

В настоящее время в Амурской области известны шесть местонахождений меловой континентальной фауны и флоры: Благовещенское, Кундурское, Асташихинское, Гильчинское, Димское, Буреинское Белогорье. Гильчин – местонахождение меловых динозавров, потенциал которого еще требует оценки. В статье даны новые сведения об истории его открытия, а также описание представленных в экспозиции палеонтологического музея Амурского научного центра ДВО РАН фоссилий из Гильчинской коллекции. Фауна Гильчинского местонахождения, установленная по ископаемым костным остаткам, включает гадрозавров, плотоядных динозавров, динозавра, принадлежность которого трудно определить, черепах (Trionychidae indet). Большая часть определенных костных остатков коллекции принадлежит гадрозаврам. По сохранности ископаемый материал близок к таковому из китайских местонахождений Улага и Цзяинь/Лунгушань. Предполагается сходство генезиса местонахождений Гильчин и Цзяинь/Лунгушань (Китай).

**Ключевые слова:** Приамурье, Б.С. Сапунов, Гильчин, Лунгушань/Цзяинь, местонахождение динозавров, маастрихт, меловой период.

ССЫЛКА НА СТАТЬЮ: Динозавры из позднемезозойского местонахождения позвоночных Гильчин (Россия, Амурская область) / Ермацанс И.А., Болотский Ю.Л., Болотский И.Ю., Гатаулина Г.Н. // Социально-экологические технологии. 2019. Т. 9. № 1. С. 9–26. DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-1-9-26.

Original research

DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-1-9-26

**I.A. Ermatsans<sup>\*</sup>, Yu.L. Bolotsky<sup>\*\*</sup>,  
I.Yu. Bolotsky<sup>\*\*</sup>, G.N. Gataulina<sup>\*\*</sup>**

<sup>\*</sup> Amur Scientific Center,  
Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences,  
Blagoveshchensk, Amur Region, 675000, Russian Federation

<sup>\*\*</sup> Institute of Geology and Nature Management,  
Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences,  
Blagoveshchensk, Amur Region, 675000, Russian Federation

## Dinosaurs from the location of Gilchins vertebrates of the late Mesozoic era (Russia, Amur region)

Currently there are six locations of Cretaceous continental fauna and flora in Amur region: Blagoveshchensk, Kundur, Astashikha, Gilchin, Dim, Bureinsky Belogory. Gilchin is the location of the Cretaceous dinosaurs, the potential of which still requires evaluation. The article provides new information about the history of its discovery, as well as the description of the fossils from the Gilchin collection presented in the exposition of the Paleontological Museum of the Amur Scientific Center of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences. The fauna of Gilchin, established by fossil bone remains, includes hadrosaurs, carnivorous dinosaurs, a dinosaur whose identity it is difficult to determine, and turtles

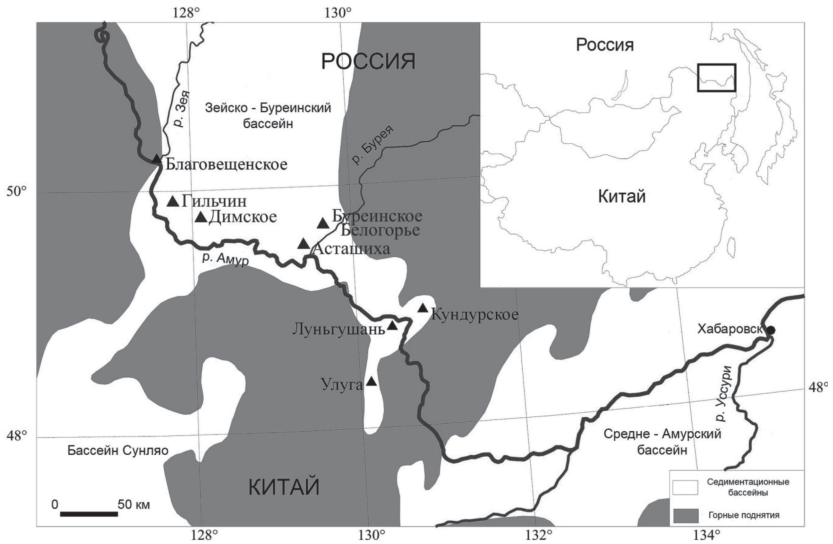
(Trionychidae indet). Most of the definable bone remains of the collection belong to the hadrosaurs. In terms of preservation, the fossil material is close to that of the Chinese locations of Ulaga and Jiayin / Longu Shan. The article assumes similarity of the genesis of the locations of Gilchin and Jiayin / Longu Shan (China).

**Key words:** The Amur region, B.S. Sapunov, Gilchin, Longhushan/Jiayin, the location of the dinosaurs, Maastricht, Cretaceous period.

CITATION: Ermatsans I.A., Bolotsky Yu.L., Bolotsky I.Yu., Gataulina G.N. Dinosaurs from the location of Gilchins vertebrates of the late Mesozoic era (Russia, Amur region). *Environment and Human: Ecological Studies*. 2019. Vol. 9. № 1. Pp. 9–26. (In Russ.) DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-1-9-26.

## Введение

В настоящее время в Амурской области известны шесть местонахождений меловой континентальной фауны и флоры: Благовещенское (г. Благовещенск), Кундурское и Асташихинское (Архаринский район), Гильчинское (Тамбовский район), Димское (Михайловский район), Буреинское Белогорье (Бурейский район). В палеонтологическом музее Амурского научного центра Дальневосточного отделения РАН экспонируются образцы ископаемой фауны: задняя конечность амурозавра, остатки костей и зубов гадрозавров двух подсемейств (Hadrosaurinae, Lambeosaurinae), остеодермальный шип анкилозавра; зубы плотоядных динозавров (тираннозаврид, дромеозаврид и троодонтид) из этих местонахождений, а также представителей ископаемой фауны фанерозоя Амурской области и из других регионов Евразии; образцы флоры – отпечатки листьев, фрагменты ствольных частей голосеменных и покрытосеменных деревьев. Монографически описаны утконосые динозавры (Hadrosauridae): из Благовещенска – *Amurosaurus riabinini* [Bolotsky, Kurzanov, 1991], *Kerberosaurus manakini* [Bolotsky, Godefroit, 2004], из Кундура – *Olorotitan archarensis* [Godefroit, Bolotsky, Alifanov, 2003], *Kundurusaurus nagornii* [Godefroit, Bolotsky, Lauters, 2012]. На сопредельной с Амурской областью территории Китая также известны два местонахождения меловой континентальной фауны – Цзяинь (или Лунгушань) и Улага (провинция Хэйлунцзян) (рис. 1). Из местонахождения Цзяинь/Лунгушань описан *Charonosaurus jiayinensis* [Godefroit et al., 2000], из Улагы – *Sahaliyania elunchunorum* [Godefroit et al., 2008], *Wulagasaurus dongi* [Godefroit, 2000, 2008; Godefroit et al., 2008].



**Рис. 1.** Местонахождения меловой континентальной фауны и флоры Приамурья  
**Fig. 1.** Locations of Cretaceous Continental Fauna and Flora of the Amur Region

### История открытия

Датой открытия Гильчинского местонахождения в Амурской области считается 1995 г. [Моисенко, Сорокин, Болотский, 1997]. Однако еще в 1970–1980-е гг. житель с. Гильчин Иван Прохорович Морозов, работавший водителем погрузчика на Гильчинском карьере, неоднократно находил здесь ископаемые костные остатки. Несколько фос依лий он сохранил у себя дома. В 1990 г. его внук школьник Александр Морозов одну из этих фос依лий (позвонок) принес в школьный музей с. Гродеково (Благовещенский район). Учитель истории, Сергей Васильевич Бердник, выпускник Благовещенского государственного педагогического института им. М.И. Калинина (БГПИ) (ныне Благовещенский государственный педагогический университет (БГПУ)), разместил позвонок в экспозиции музея. В 1995 г. ископаемая кость привлекла внимание амурских археологов – Геннадия Павловича Литовченко и Бориса Семеновича Сапунова, профессора БГПИ. Последний определил позвонок как имеющий отношение к палеонтологии, сфере интересов сотрудника Амурского комплексного научно-исследовательского института ДВО РАН (АмурКНИИ ДВО РАН, ныне Институт геологии

и природопользования ДВО РАН) Ю.Л. Болотского, под руководством которого к середине 1990-х гг. в Амурской области более десяти лет проводились палеонтологические раскопки на Благовещенском местонахождении, пять лет – на Кундурском.

Первые целенаправленные сборы на Гильчинском местонахождении сделал студент естественно-географического факультета БГПИ Анатолий Борисович Самокрутов. Свои находки (часть берцовой кости и фрагмент метатарзалии) он передал Ю.Л. Болотскому, который обследовал местонахождение и сделал описание разреза. В 2000-х гг. его осмотрели московские коллеги из Палеонтологического института (ПИН РАН): Андрей Герасимович Сенников, Владимир Рудольфович Алифанов, Евгений Николаевич Курочкин (1940–2011). А.Г. Сенникову посчастливилось найти два сросшихся тазовых позвонка гадрозавра, которые теперь представлены в экспозиции музея.

С 1997 г. Гильчинское местонахождение было введено в научный оборот. Начали выходить работы, в которых нашли отражение краткая история открытия, фауна и флора, стратиграфия, тафономия, сохранность ископаемого костного материала, палеообстановки [Моисеенко, Болотский, Сорокин, 1997а, 1997б; Болотский, Болотская, Карев и др., 1998; Болотский, 2000; Болотский, Бугдаева, Маркевич, 2009; Болотский, Болотский, 2010; Маркевич, Бугдаева, Болотский, 2010; Болотский, Бугдаева, Маркевич, 2010].

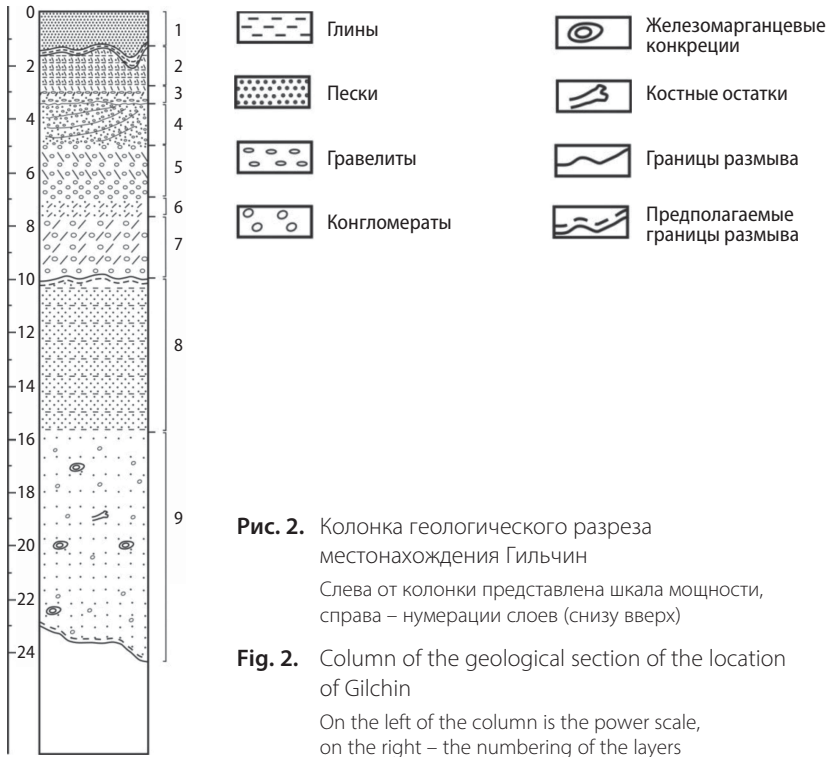
## Материалы и методы

Небольшая Гильчинская коллекция состоит из тридцати предметов, большая часть которых представлена неопределимыми костными фрагментами, относящимися к костям краниального и посткраниального скелета. Производилось измерение фоссилий, представленных в экспозиции палеонтологического музея Амурского научного центра ДВО РАН. Кости очищались стальным медицинским инструментом и пропитывались спиртовым раствором поливинилбутирала.

## Обсуждение

Гильчинское местонахождение расположено на юге Зейско-Буреинской впадины, в уступе левой высокой террасы р. Гильчин, в одном из карьеров на северо-восточной окраине с. Гильчин (Тамбовский район Амурской обл.). Ископаемые костные остатки были найдены в ближайшем к нему карьере на глубине 10 м.

Разрез местонахождения представлен снизу вверх [Болотский, 2000, с. 12–13] (рис. 2).



1. Пески разнозернистые, зеленовато-бурые, бурые, желтые, с неясной слоистостью, с редкими мелкими гальками кислых эффузивов. Обычны железо-марганцевые стяжения (конкреции), в которых встречаются растительные остатки, детрит и ожелезненная древесина. В песках найдены редкие остатки позвоночных. Костеносный горизонт не выявлен. Кости динозавров (*Hadrosauridae*) приурочены к нижней части разреза и встречаются по всей мощности слоя – 5 м.

2. Пески мелкозернистые глинистые, светлозеленые – 3 м.

3. Конгломераты слабосцементированные, ожелезненные, с мелкими гальками, размерность которых убывает сверху вниз – 1 м.

4. Пески разнозернистые светлые, косослоистые, с прослоями гравелитов – 0,5 м.

5. Конгломераты слабосцементированные, среднегалечные, в верхней части ожелезненные – 2 м.

6. Пески крупнозернистые, светлые, косослоистые, с прослоями (до 1 см) гравелитов – 1,5 м.

7. Конгломераты мелкогалечные, слабо сцементированные, с прослоями косослоистых светлых песков и пятнами ожелезнения – 0,5 м.

8. Пески разнозернистые, светло-серые, косослоистые с тонкими (1–2 см) глинистыми прослоями – 2 м.

9. Пески мелкозернистые, желтые, глинистые, книзу переходящие в светло-серые глины (возможно, с примесью туфогенного материала) – 1 м.

Общая мощность – около 20,0 м.

Окаменелости, обнаруженные на местонахождении Гильчин, преимущественно представляют собой остатки посткраниального скелета: фрагменты костей конечностей гадрозавров – дистальную часть левой большой берцовой кости (*tibia pars distalis*) (рис. 3), два фрагмента большой берцовой кости (*tibia pars*), проксимальный конец кости плюсны (*metatarsalia 2 (?)*) (рис. 4), проксимальный конец кости кисти (*metacarpalia 3 (?)*) (рис. 5), фрагмент лопатки (*scapula*), хвостовой позвонок (*caudal vertebrae 45 (?)*) (рис. 6); три фрагмента двух сросшихся крестцовых позвонков (*sacrum vertebrae*), позвонок *dinosauria incertae sedis (?)* (рис. 7), который с уверенностью удалось определить только до надотряда динозавров.

Несколько образцов относится к костям черепа динозавров: фрагмент зубной кости, фрагменты неполной лобной кости гадрозаврида. Также в коллекции представлены сильно эродированный зуб тираннозаврида (*Tyrannosauridae indet.*). Один образец из коллекции – реберная пластина черепахи из семейства *Trionichidae* (рис. 8).

Измерениям подвергались наиболее хорошо сохранившиеся образцы. Для обмеров использовался штангенциркуль.

Результаты измерений.

*Tibia distalis* (рис. 3): ширина дистального конца составляет 19,0 см.

*Metatarsalia 2 (?)* (рис. 4): ширина проксимального конца – 15,0 см.

*Metacarpalia 3 (?)* (рис. 5): ширина – 4,0 см.

*Sacrum vertebrae* (сросшиеся крестцовые позвонки): ширина – 14,0 см, высота – 14,0 см.

*Caudal vertebrae 45 (?)* (рис. 6): ширина – 10,0 см, длина – 9,0 см.

*Vertebrae dinosauria incertae sedis* (рис. 7): ширина – 6,2 см, длина – 4,7 см; позвонок по типу плоско-вогнутой формы, занимает особенное место в коллекции, идентифицировать его с определенным таксоном динозавров пока не удалось.



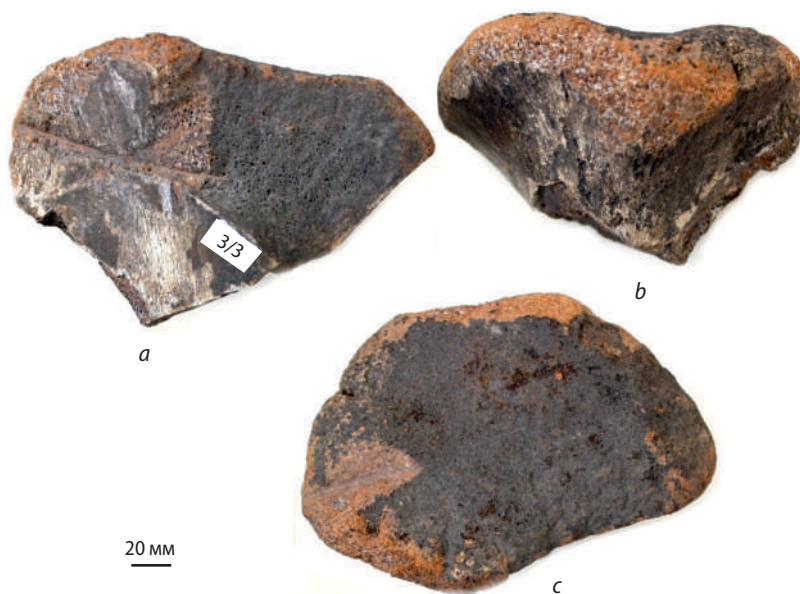
**Рис. 3.** Дистальная часть левой большой берцовой кости (tibia pars distalis) гадрозавра:

*a* – спереди; *b* – сзади; *c* – сверху

**Fig. 3.** The distal part of the left tibia of the hadrosaur:

*a* – front; *b* – behind; *c* – on top





**Рис. 4.** Проксимальная часть кости плюсны (metacarpalia 2 (?)) гадрозавра:  
*a* – вид снаружи; *b* – изнутри; *c* – сверху

**Fig. 4.** The proximal part of the metatarsal bone (metacarpalia 3 (?))  
of the hadrosaurus:  
*a* – view from the outside; *b* – from the inside; *c* – from the top



**Рис. 5.** Проксимальная часть кости кисти (metacarpalia 3 (?)) гадрозавра

**Fig. 5.** The proximal part of the brush bone (metacarpalia 3 (?)) of the hadrosaurus



**Рис. 6.** Хвостовой позвонок 45 (?) гадрозавра:  
*a* – сзади; *b* – спереди; *c* – справа; *d* – слева; *e* – снизу; *f* – сверху

**Fig. 6.** The tail vertebra 45 (?) of the hadrosaurus:  
*a* – behind; *b* – front; *c* – on the right; *d* – on the left; *e* – from below; *f* – on top



**Рис. 7.** Позвонок *dinosauria incertae sedis* (?):

*a* – спереди; *b* – сзади; *c* – снизу; *d* – сверху; *e* – справа; *f* – слева

**Fig. 7.** *Vertebra dinosauria incertae sedis* (?):

*a* – in front; *b* – behind; *c* – from below; *d* – from above; *e* – on the right; *f* – on the left



**Рис. 8.** Фрагмент зубной кости

**Fig. 8.** Fragment of the dentary

Предметы из Гильчинской коллекции отличаются от ископаемого материала Благовещенского и Кундурского местонахождений, однако имеют сходство с находками из местонахождения Цзяинь/Лунгушань (КНР, провинция Хэйлунцзян). Для ископаемого костного материала из Благовещенского и Кундурского местонахождений характерны светлая бежево-желтоватая окраска, часто с тонкой желтовато-бурой пленкой окислов железа и черными дендритами марганца, рыхлая, хрупкая структура.

Материалы из Гильчина и Цзяинь/Лунгушань черного цвета с коричневыми лимонитовыми вкраплениями, а их плотная и достаточно прочная структура почти не поддается внешнему физическому воздействию (на одном из образцов, позвонке, сохранились следы от ударов молотком, свидетельствующие о неудачной попытке его разбить, нанесенные еще до того, как позвонок оказался в руках палеонтологов). Вероятно, это предполагает наличие местных условий, которые отражали «особенности, заключающиеся в повышенной проницаемости вмещающих их осадочных пород» [Моисеенко, Сорокин, Болотский, 1997, с. 46]. На данных местонахождениях слои с остатками позвоночных фацциально приурочены к осадкам селей, чередующихся с аллювиальными отложениями. Это свидетельствует об образовании в условиях речной долины. В отличие от них на Благовещенском и Кундурском местонахождениях захоронение окаменелостей происходило исключительно в осадках грязекаменных потоков [Бугдаева, Маркевич, Болотский, Сорокин, 2000, с. 81–82].

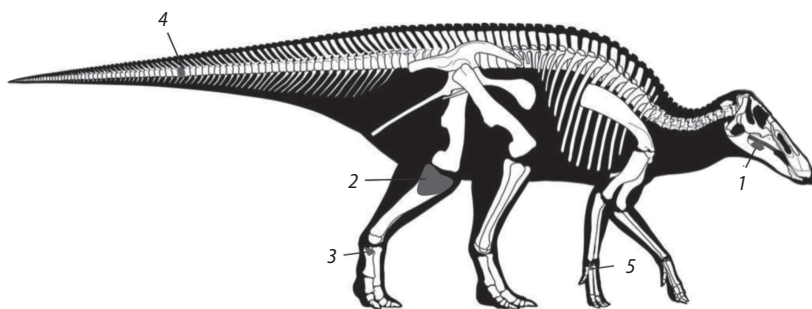
По мнению ряда исследователей (Е.В. Бугдаевой, В.С. Маркевич, Ю.Л. Болотского, А.П. Сорокина), отложения, в которых были найдены ископаемые остатки позвоночных на Гильчинском местонахождении, относятся к «среднемаастрихтскому» возрасту. Позже, в 2010 г., «среднемаастрихтский» возраст Гильчинского местонахождения был установлен «по характерным таксонам: *Aquilapollenites rigidus*, *A. echinatus*, *A. spinulosus*, *A. striatus*, *Parviprojectus amurensis*, *Wodehouseia aspera*, а также по доминирующим группам в составе папоротникообразных (*Syathidites* и *Laevigatosporites*) и голосеменных (*Pinaceae* и *Taxodiaceae*)» [Маркевич, Бугдаева, Болотский, 2010, с. 60]. Вероятно, танатоценоз формировался в условиях обширных заболоченных речных долин. Окончательно тафоценоз сформирован грязекаменными потоками, спускавшимися с окрестных возвышенностей [Там же, 2010, с. 64].

### Палеоэкологический аспект

Предполагается, что местонахождение Гильчин в среднем маастрихте располагалось «в местах, удаленных как от склонов долины, так и от срединной самой глубокой части Зейско-Буреинского бассейна, которая, возможно, была занята водоемами» [Болотский, Бугдаева, Маркевич, 2010, с. 63]. Места захоронения костных остатков и места обитания динозавров, по-видимому, находились в непосредственной

близости, т.к. кости не несут на себе следов длительной транспортировки водными потоками.

Большая часть фоссилий из местонахождений Приамурья, в том числе и из Гильчина, принадлежит гадрозаврам (рис. 9). Гадрозавры – успешная группа динозавров из позднего мела, известная от Чукотки до Антарктиды. Наиболее разнообразно эти динозавры представлены в Северной Америке и Азии. В составе группы описано более 80 видов (из них валидными признается не более 50), классифицируемых в подсемействах *Nadrosaurinae* (плоскоголовые) и *Lambeosaurinae* (шлемоголовые) [Савельев, Алифанов, Болотский, 2012]. Они достигали в длину 10–15 м, веса 2–4 т. Челюстной аппарат гадрозавров был сложным: широкий, беззубый утинообразный клюв в роговом чехле, зубная система представлена своеобразными «зубными батареями», ланцетовидные зубы образовывали вертикальные ряды до 5 зубов в одном ряду, зубных рядов могло быть до 50. Вероятно, челюстной аппарат выполнял рубяще-режущую и растирающую функции.



**Рис. 9.** Реконструкция скелета гадрозавра с указанием фрагментов костей из Гильчинской коллекции:

1 – фрагмент зубной кости; 2 – фрагмент большой берцовой кости левой задней конечности (*tibia pars distalis*); 3 – фрагмент кости плюсны (*metatarsalia 2 (?)*); 4 – хвостовой позвонок (*caudal vertebrae 45 (?)*); 5 – фрагмент проксимальной кости кисти (*metacarpalia 3 (?)*)

**Fig. 9.** Reconstruction of the hadrosaur skeleton with the indication of bone fragments from the Gilchin collection:

1 – a fragment of the dental bone; 2 – a fragment of the tibia of the left hind limb (*tibia pars distalis*); 3 – a fragment of the metatarsal bone (*metatarsalia 2 (?)*); 4 – tail vertebra (*caudal vertebrae 45 (?)*); 5 – a fragment of the proximal bone of the hand (*metacarpalia 3 (?)*)



**Рис. 10.** Задняя левая конечность гадрозавра из Благовещенского местонахождения.

Экспозиция Палеонтологического музея Амурского научного центра Дальневосточного отделения Российской академии наук, Амурская область, г. Благовещенск, 2019 г.

**Fig. 10.** The rear left extremity of the hadrosaur from the location of Blagoveshchensk.

Exposition of the paleontological museum, Amur Scientific Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences. Amur region, Blagoveshchensk, 2019

Доминирование гадрозавров «обусловлено отсутствием узкой пищевой специализации этой группы и высокой степенью универсальности ее приспособлений, гregarностью и сложным социальным поведением, возможностью достигать высоких широт» [Болотский, Бугдаева, Маркевич, 2009, с. 21]. Способствовало этому и повсеместное распространение сходной растительности благодаря ровному безморозному климату мелового периода.

Большинство современных исследователей признают гадрозавров наземными или околотовными животными. Жесткие хвосты этих динозавров поддерживались окостеневшими сухожилиями, кости были массивными и прочными, зубы, собранные в большие «зубные батареи», – быстро заменяемыми. Все указывает на то, что они много времени проводили на суше, недалеко от воды, питались грубым растительным кормом [Болотский, Бугдаева, Маркевич, 2010]. Кроме того, вероятно, гадрозавры включали в свой пищевой рацион не только растительные, но и животные корма, а также умели «фильтровать корм по типу современных гусеобразных птиц» [Савельев, Алифанов, Болотский, 2012, с. 86]. Большую часть времени они опирались на четыре конечности, о чем свидетельствуют хорошо оформленные суставные поверхности костей. При необходимости быстрого передвижения гадрозавры пользовались задними конечностями, были факультативно бипедальными.

## Заключение

Карьер, в котором расположено местонахождение, созданный для взятия песчано-гравийной смеси для дорожных работ, сегодня бездействует, поэтому надеяться на получение новых находок ископаемых организмов проблематично. Возможность же осуществления крупномасштабных раскопочных работ затруднена из-за мощной перекрывающей толщ кайнозойских отложений. Фауна Гильчинского местонахождения, установленная по ископаемым костным остаткам, включает гадрозавров, плотоядных динозавров, динозавра, принадлежность которого трудно определить, черепах (Trionychidae indet). Большая часть определимых костных остатков коллекции принадлежит гадрозаврам. По сохранности ископаемый материал близок к таковому из китайских местонахождений Улага и Цзянь/Лунгушань. Предполагается сходство генезиса местонахождений Гильчин и Цзянь/Лунгушань (Китай). Возраст слагающих местонахождение осадков принимается как «среднемаастрихтский» [Маркевич, Бугдаева, Болотский, 2010, с. 64]<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Местонахождение Цзянь/Лунгушань по палинологическим данным ряд исследователей датируют поздним маастрихтом [Godefroit, Zanb, Jinb, 2000].

## Библиографический список / References

Болотский Ю.Л. Маастрихтские динозавры Приамурья: Дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Владивосток, 2000. [Bolotsky Yu.L. Maastrikhtskie dinoszavry Priamur'ya [Maastricht dinosaurs of the Amur region]. PhD dis. Vladivostok, 2000.]

Болотский Ю.Л., Бугдаева Е.В., Маркевич В.С. Динозавры и среда их обитания // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2009. № 4. С. 73–82. [Bolotsky Y.L., Bugdaeva E.V., Markevich V.S. Dinosaurs and their habitats in the end of the Cretaceous period (Zeya-Bureya basin, the Russian Far East)]. *Bulletin of the Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences*. Vol. 146. № 4. Pp. 73–82.]

Болотский Ю.Л., Бугдаева Е.В., Маркевич В.С. Палеоэкологические аспекты существования динозавров Приамурья // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2010. № 6. С. 80–91. [Bolotsky Y.L., Bugdaeva E.V., Markevich V.S. Paleoeological aspects of existence of dinosaurs in the Amur River region. *Bulletin of the Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences*. 2010. Vol. 154. № 6. Pp. 68–79].

Болотский Ю.Л., Болотский И.Ю. Фауна позвоночных из маастрихтских отложений Амурской области // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии: Материалы Всероссийской научной конференции. Благовещенск, 16–18 июня 2010 г. / Сост. Н.Ю. Леусова. Благовещенск, 2010. С. 145–147. [Bolotsky Yu.L., Bolotsky I.Yu. Fauna of vertebrates from Maastricht deposits of the Amur Region. *Voprosy geologii i kompleksnogo osvoeniya prirodnykh resursov Vostochnoi Azii: Materialy Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii*. *Blagoveshchensk*, 16–18 iyunya. Blagoveshchensk, 2010. Pp. 145–147].

Маркевич В.С., Бугдаева Е.В., Болотский Ю.Л. Палинофлора динозавровых местонахождений Гильчин и Димское (Зейско-Буреинский бассейн, Российский Дальний Восток) // Тихоокеанская геология. 2010. Т. 29. № 6. 2010. С. 57–65. [Markevich V.S., Bugdaeva E.V., Bolotsky Yu.L. Palynoflora of the Gel'chin and Dim dinosaur localities (the Zeya-Bureya basin, Russian Far East). *Russian Journal Pacific Geology*. 2010. T. 4. № 6. 2010. Pp. 502–509.]

Меловое вымирание динозавров: взгляд палеоботаников / Бугдаева Е.В., Маркевич В.С., Болотский Ю.Л., Сорокин А.П. // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2000. № 1. С. 80–88. [Bugdaeva E.V., Markevich V.S., Bolotsky Yu.L., Sorokin A.P. Extinction of dinosaurs in Cretaceous period: Paleobotanists view. *Bulletin of the Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences*. 2000. № 1. Pp. 80–88.]

Моисеенко В.Г., Сорокин А.П., Болотский Ю.Л. Позднемеловые рептилии Приамурья // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 1997a. № 3. С. 31–47. [Moiseenko V.G., Sorokin A.P., Bolotsky Yu.L. Priamurye's Late Cretaceous Reptiles. *Bulletin of the Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences*. 1997a. Vol. 73. № 3. Pp. 31–47.]

Моисеенко В.Г., Сорокин А.П., Болотский Ю.Л. Ископаемые рептилии Приамурья. Хабаровск, 1997b. [Moiseyenko V.G., Sorokin A.P., Bolotsky Yu.L. Iskopaemye reptilii Priamur'ya [Fossil reptiles of the Amur Region]. Khabarovsk, 1997.]

Савельев С.В., Алифанов В.Р., Болотский Ю.Л. Анатомия мозга *Amurosauros riabinini* и некоторые особенности нейробиологии утконосых динозавров // Палеонтологический журнал. 2012. № 1. С. 77–88. [Saveliev S.V., Alifanov V.R., Bolotsky Yu.L. Brain Anatomy of *Amurosauros riabinini* and Some Neurobiological



Peculiarities of Duck-billed Dinosaurs. *Paleontological journal*. 2012. Vol. 46. № 1. Pp. 79–91.]

Godefroit P., Zan S., Jin L. *Charonosaurus jiyinensis* n.g., n.sp., a lambeosaurine dinosaur from the Late Maastrichtian of northeastern China. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, Sciences de la Terre et des Planètes*. 2000. Vol. 330. Ph. 875–882.

Godefroit P., Zan S., Jin L. The Maastrichtian (Late Cretaceous) lambeosaurine dinosaur *Charonosaurus jiyinensis* from northeastern China. *Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Sciences de la Terre*. 2001. Vol. 71. Ph. 119–168.

Godefroit P., Hai S., Yu T., Lauters P. New hadrosaurid dinosaurs from the uppermost Cretaceous of northeastern China. *Acta Palaeontologica Polonica*. 2008. Vol. 53. № 1. Pp. 47–74.

Godefroit P., Zanb S., Jinb L. *Charonosaurus jiyinensis* n.g., n.sp., a lambeosaurine dinosaur from the Late Maastrichtian of northeastern China. *Earth and Planetary Sciences*. 2000. № 330. Pp. 875–882.

Статья поступила в редакцию 16.12.2018, принята к публикации 14.01.2019

The article was received on 16.12.2018, accepted for publication 14.01.2019

#### Сведения об авторах / About the authors

**Ермацанс Ирина Анатольевна** – кандидат философских наук; младший научный сотрудник музея палеонтологии, Амурский научный центр Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Благовещенск Амурской обл.

**Irina A. Ermatsans** – PhD in Philosophy; Junior Researcher, Amur Scientific Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Blagoveshchensk, Amur Region, Russian Federation

E-mail: irina@amurnc.ru

**Болотский Юрий Леонидович** – кандидат геолого-минералогических наук; ведущий научный сотрудник лаборатории палеонтологии, Институт геологии и природопользования Дальневосточного отделения Российской академии наук

**Yuri L. Bolotsky** – PhD in Geology and Mineralogy; leading researcher at the Laboratory of Paleontology, Institute of Geology and Nature Management, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Blagoveshchensk, Amur Region, Russian Federation

E-mail: dinomus@ascnet.ru

**Болотский Иван Юрьевич** – младший научный сотрудник лаборатории палеонтологии, Институт геологии и природопользования Дальневосточного отделения Российской академии наук

**Ivan Yu. Bolotsky** – junior researcher at the Laboratory of Paleontology, Institute of Geology and Nature Management, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Blagoveshchensk, Amur Region, Russian Federation

E-mail: vargulfr@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8192-9177>

**Гатаулина Галина Николаевна** – младший научный сотрудник лаборатории палеонтологии, Институт геологии и природопользования Дальневосточного отделения Российской академии наук

**Galina N. Gataulina** – junior researcher at the Laboratory of Paleontology, Institute of Geology and Nature Management, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Blagoveshchensk, Amur Region, Russian Federation

E-mail: [torgaeva777@mail.ru](mailto:torgaeva777@mail.ru)

Заявленный вклад авторов

И.А. Ермацанс – подготовка текста статьи, взаимодействие с информаторами и установление истории открытия местонахождения, обзор данных по исследованиям местонахождения, участие в подготовке иллюстраций

Ю.Л. Болотский – участие в подготовке текста статьи, общее руководство направлением исследования, мониторинг местонахождения

И.Ю. Болотский – участие в подготовке текста статьи, мониторинг местонахождения

Г.Н. Гатаулина – подготовка иллюстраций

Contribution of the authors

I.A. Ermatsans – preparation of the text of the article, interaction with the informants and establishing the discovery history of the location, review of the data on the research location, participation in the preparation of illustrations

Yu.L. Bolotsky – participation in the preparation of the text of the article, general direction of research, monitoring of the location.

I.Yu. Bolotsky – participation in the preparation of the text of the article, monitoring of the location

G.N. Gataulina – preparation of illustrations.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи  
All authors have read and approved the final manuscript

DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-1-27-57

**Е.А. Шишконова<sup>\*</sup>, Н.А. Аветов<sup>\*\*</sup>,  
Т.Ю. Толпышева<sup>\*\*</sup>, А.А. Тарлинская<sup>\*\*\*</sup>**

<sup>\*</sup> Почвенный институт им. В.В. Докучаева,  
119017 г. Москва, Российская Федерация

<sup>\*\*</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
119991 г. Москва, Российская Федерация

<sup>\*\*\*</sup> Независимый исследователь,  
г. Москва, Российская Федерация

## Растительная индикация термокарстовых образований бугристых болот в южной части парка Нумто (Западная Сибирь)

В настоящее время во всем северном полушарии для мерзлых бугристых болот на южном пределе их распространения характерно увеличение интенсивности проявлений термокарстовых процессов. В южной части парка Нумто циклический характер формирования мерзлых бугров сменился на одностороннюю их деградацию в результате таяния. Мы анализируем растительные индикаторы разных форм термокарста бугров: пятен денудации, просадок, воронок. В зависимости от стадий термокарста и вида болота (плоскобугристого и крупнобугристого) выделяется ряд растительных индикаторов протаивания: «пьяный лес», гибель кустарничков и лишайников и их вторичное поселение, эвтрофикация сообществ, появление «каймы» из вегетативно подвижных видов и др. Индикатором замедленного термокарста на крупных буграх служат вторично поселившиеся на пятнах денудации лишайники с бокальчатymi и палочковидными подециями и зеленые мхи. Роль кустистых лишайников в этом случае заметно уменьшается. В глубоких воронках на крупных буграх

в условиях сохранения мерзлого водоупора формируются мезотрофные сообщества, доминантами которых выступают мезотрофные сфагновые мхи. Развитие мезотрофных сообществ указывает на высвобождение элементов питания в процессе таяния торфа. Стадии термокарста на плоских буграх соответствуют сукцессионному ряду: лишайники + кустарнички → гигрофитные сфагновые мхи и/или зеленые мхи + печеночники → гигро-гидрофитные сфагновые мхи + *Warnstorfia fluitans*. Достоверным и наиболее долговременным индикатором термокарста на крупных буграх служит береза пушистая (*Betula pubescens*).

**Ключевые слова:** потепление климата, растительная индикация термокарста, бугристые болота, эвтрофикация, лишайники, мхи, печеночники.

**Благодарности:** Авторы выражают искреннюю благодарность старшему научному сотруднику Гербария МГУ им. М.В. Ломоносова Е.А. Игнатовой, доценту кафедры геоботаники МГУ им. М.В. Ломоносова М.Н. Кожину и научному сотруднику Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН А.К. Мамонтову за помощь в определении мхов и печеночников.

ССЫЛКА НА СТАТЬЮ: Шишконокова Е.А., Аветов Н.А., Толпышева Т.Ю., Тарлинская А.А. Растительная индикация термокарстовых образований бугристых болот в южной части парка Нумто (Западная Сибирь) // Социально-экологические технологии. 2019. Т. 9. №1. С. 27–57. DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-1-27-57.

DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-1-27-57

**E.A. Shishkonankova<sup>\*</sup>, N.A. Avetov<sup>\*\*</sup>,  
T.Yu. Tolpysheva<sup>\*\*</sup>, A.A. Tarlinskaya<sup>\*\*\*</sup>**

<sup>\*</sup> Dokuchaev Soil Science Institute,  
Moscow, 119017, Russian Federation

<sup>\*\*</sup> Lomonosov Moscow State University,  
Moscow, 119991, Russian Federation

<sup>\*\*\*</sup> Independent researcher,  
Moscow, Russian Federation

## Plant indication of thermocarst forms in palsa mires in the south of Nature Park Numto (West Siberia)

Currently, palsa mires in the southern limit of circumpolar permafrost zone are characterized by an increased intensity of thermokarst processes. In the south of Nature Park Numto the cyclic character of frozen mound formation was replaced by their unidirectional degradation as a result of thaw. We analyze plant indicators of various thermokarst forms occurring in mounds: denudation spots, slumps and funnels. Depending on the stages of thermokarst and type of palsas (flat mound or large mound ones) a number of plant indicators of thawing is revealed: "the drunken forest", the loss of dwarf shrubs and lichens and their secondary colonization, eutrophication of communities, the emergence of the "ridges" of vegetatively mobile species and others. Brown mosses and secondary colonizing *Cladonia* lichens with cup-shaped and club-like podetia are indicators of slow thermokarst on patches of denudation in large mounds. Meanwhile, the role of *Cladonia* lichens with richly branched podetia is markedly reduced. Mesotrophic communities, dominated by mesotrophic sphagnum mosses, are formed in deep funnels on large mounds under the conditions of frozen bed existence. The development of eutrophic communities indicates the release of nutrients during the melting of peat. The stages of thermokarst on the flat palsa mounds correspond to the following succession row: lichens + dwarf shrubs → hygrophyte sphagnum mosses and/or brown mosses + liverworts → hygro-hydrophte sphagnum mosses + *Warnstorfia fluitans*. Reliable and the most long-term indicator of thermokarst on large mounds is the downy birch (*Betula pubescens*).

**Key words:** climate warming, plant indication of thermokarst, eutrophication, palsa mires, lichens, mosses, liverworts.

**Acknowledgments:** The authors are sincerely grateful to E.A. Ignatova, senior research associate of the Herbarium of Lomonosov Moscow State University; M.N. Kozhin, associate professor at the Department of Geobotany, Lomonosov Moscow State University; and A.K. Mamontov, researcher at the Tsitsin Main Moscow Botanical Garden of RAS, for their help in determining mosses and liverworts.

CITATION: Shishkonankova E.A., Avetov N.A., Tolpysheva T.Yu., Tarlinskaya A.A. Plant indication of thermokarst forms in palsa mires in the south of Nature Park Numto (West Siberia). *Environment and Human: Ecological Studies*. 2019. Vol. 9. № 1. Pp. 27–57. (In Russ.) DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-1-27-57.

## Введение

Являясь самыми южными в России [Валеева, Московченко, Арфьев, 2008], массивы гетеротрофных бугристых болот парка Нумто (Ханты-Мансийский автономный округ – Югра) представляют собой уникальный объект, позволяющий отследить динамику состояния многолетнемерзлых пород на южном пределе их распространения – в североотаежной подзоне. Вместе с тем, актуальность исследований состояния мерзлотных ландшафтов в парке подчеркивается как потеплением климата на севере Западной Сибири, так и постоянно усиливающимся антропогенным воздействием на рассматриваемой территории.

Одним из наиболее выразительных показателей изменения геокриологической ситуации служат различные проявления термокарстовых процессов, затрагивающие массивы мерзлых болот. На важность термокарстовых просадок обращается внимание в канадской классификации болот, для которых в рамках класса Bog специально предусмотрена отдельная таксономическая единица (форма) – Collapse scar bog [The Canadian Wetland..., 1997]. В настоящее время для мерзлых ландшафтов южной части парка характерны почти исключительно процессы протаивания (единичные случаи новообразования мерзлотных форм рельефа отмечены в центральной части парка [Лапшина, Филиппов, Вережкина, 2018]), в то время как несколько севернее одновременно отмечается пучение грунтов и, следовательно, процесс трансформации болот в целом продолжает сохранять циклический характер [Кутенков, 2007; Пономарева, Гравис, Бердников, 2012; Особенности развития почв..., 2017]. Похожая ситуация складывается, например, в финской Лапландии, расположенной, как и парк Нумто, на крайнем юге криолитозоны: здесь наблюдается

общее сокращение площади мерзлых бугров, хотя одновременно есть отдельные сообщения о формировании новых бугров [Luoto, Seppälä, 2003; Seppälä, 2006]. К тому же в парке Нумто нами засвидетельствованы экстремально влажные летние сезоны 2014–2015 гг., при том что именно повышенная влажность в летний период имеет наибольшее значение в числе факторов деградации мерзлых бугристых болот [Seppälä, 2011].

В целом, в последние десятилетия вследствие потепления климата отмечается общий тренд интенсификации термокарста в высоких широтах. Так, в зоне островной мерзлоты Канады [Camill, 2005; Bond, Carr, 2018], в районе Большого Невольничьего Озера, значительную долю которого занимают бугристые болота, развитие термокарста сопровождается наиболее интенсивным ростом температуры на планете – до 3 °С [Bond, Carr, 2018]. Для лесотундры Западной Сибири установлен достаточно устойчивый тренд повышения температуры воздуха и многолетнемерзлых пород в период 1974–2008 гг., выявляемый, в том числе, по продвижению предтундровых редколесий на 10–30 км в северном направлении [Изменения температурного поля..., 2010]. Многолетние исследования динамики мерзлых пород в зоне распространения островной мерзлоты Западной Сибири, проведенные Пономаревой с соавторами [Реакция островной криолитозоны..., 2016], подтверждают вывод о том, что криогенное пучение в настоящее время сменяется тепловой осадкой. Кроме того, крайне нестабильное состояние, приводящее к постепенной деградации большинства криогенных ландшафтов, характерно в настоящее время и для подзоны северной тайги Европейской части России [Генезис и эволюция бугристых болот..., 2016].

Известно, что установление индикационных свойств растительности возможно лишь для конкретного района, для которого в какой-то степени изучена связь между определенными растительными сообществами и мерзлотными условиями [Общее мерзлотоведение, 1974].

В той или иной степени подробности растительность термокарстовых провалов региона рассматривается в работах Тыртикова [Тыртиков, 1969], Васильчука с соавторами [Выпуклые бугры..., 2008], Кирпотина с соавторами [«Обвальный» термокарст..., 2004], Кутенкова [Кутенков, 2007], Валеевой с соавторами [Валеева, Московченко, Арефьев, 2008] и др. В то же время ввиду отсутствия специализированных работ, посвященных индикации проявлений современного термокарста на территории парка Нумто, систематизация и обобщение имеющихся данных о характере растительности новообразованных термокарстовых форм бугристых болот представляются важными для мониторинга геокриологической ситуации на крайнем юге криолитозоны Западной Сибири.

Растительная индикация позволяет проследить не только ход деградации мерзлоты, но и сопутствующие ей процессы, связанные с высвобождением из мерзлой почвы (торфа) минеральных веществ. В настоящее время достоверно установлено, что в результате термокарста (в том числе и на мерзлых бугристых болотах) в окружающую среду выделяется значительное количество минеральных элементов [Colombo et al., 2018], что неизбежно приводит к возрастанию трофности деградирующих болот, успешно выявляемой методами индикационной геоботаники.

## Материалы и методы

Полевые работы на территории природного парка Нумто проводились в период с 2010 по 2018 гг. во второй половине летнего сезона. В ходе маршрутов и наблюдений на площадках многолетнего мониторинга нами были обследованы массивы крупнобугристых и плоскобугристых болот. Сделано 130 описаний растительности (большая часть была привязана к конкретным точкам, на которых отслеживалась динамика в течение ряда лет), также в работу вошли наблюдения, выполненные в ходе более чем 120 маршрутов. На участках проводились геоботанические описания термокарстовых просадок и осуществлялись измерения уровня залегания многолетней мерзлоты. Для оценки трофности местообитаний использовалась таблица индикации трофности болот для ханты-мансийского Приобья [Аветов, Шишконова, 2013].

## Объекты

Распространение гетеротрофных мерзлых болот на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (ХМАО–Югра) почти исключительно приурочено к территории севернее водораздела Сибирских Увалов, в то время как южнее Увалов отмечаются лишь их отдельные мелкие вкрапления в болотные ландшафты других типов. В парке Нумто гетеротрофные мерзлые болота занимают значительные площади. Они обычны на плакорных участках, причем крупнобугристые комплексы, как правило, граничат с разного рода проточными ложбинами (транзитными топями) или долинами рек. В южной части парка плоскобугристые болотные массивы преобладают существенно по площади над крупнобугристыми. При этом если высота бугров плоскобугристых болот не превышает в среднем 1,0–1,5 м, то бугры крупнобугристых болот могут достигать 5 м [Валеева, Московченко, Арефьев, 2008]. Севернее реки Вурыйехан отмечены отдельные гидролакколиты высотой до 10 м.



Мочажины («ерсеи») в гетеротрофных мерзлых болотных комплексах парка имеют талый характер и очевидно расширяют свою площадь за счет деградации пограничных с ними бугров. В исследуемом районе широко распространены термокарстовые озера и, кроме того, спорадически наблюдаются днища спущенных в результате термокарста озер – хасыреи [Болота котловины..., 2013].

Растительность ненарушенных мерзлых бугров соответствует общим представлениям об этом типе ландшафта и описана в литературе [Тыртиков, 1979; Растительный покров..., 1985; Валева, Московченко, Арефьев, 2008 и др.]. Растительный покров стабильных в мерзлотном отношении сегментов бугров представлен преимущественно олиготрофными кустарничково-зеленомошно-лишайниковыми, а в понижениях, на низких склонах – кустарничково-сфагновыми сообществами с единичными или рассеянными экземплярами *Pinus sylvestris* L. и *P. sibirica* Du Tour. Травяно-кустарничковый ярус здесь образуют главным образом *Betula nana* L., *Ledum palustre* L. и *Rubus chamaemorus* L., обычны *Empetrum nigrum* L., *Vaccinium uliginosum* L., *V. vitis-idaea* L., на участках, покрытых сфагновыми мхами, – *Oxycoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr., *Drosera rotundifolia* L., по склонам бугров – *Andromeda polifolia* L., *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench., *Eriophorum vaginatum* L.

Поверхность почти сплошь занята кустистыми лишайниками, среди которых доминируют виды рода *Cladonia* секции *Cladina*: *Cladonia stellaris* (Opiz) Pouzar et Vězda, *C. rangiferina* (L.) F.H. Wigg., *C. stygia* (Fr.) Ruoss., *C. arbuscula* (Wallr.) Flot., *C. mitis* Sandst. Часто встречаются представители семейства Parmeliaceae: *Alectoria ochroleuca* (Hoffm.) A. Massal., *Cetraria islandica* (L.) Ach., *C. laevigata* Rassad., *Flavocetraria cucullata* (Bellardi) Kärnefelt & A. Thell, *F. nivalis* (L.) Kärnefelt & A. Thell., *Gowardia nigricans* (Ach.) Halonen et al., а также представители семейства *Cladoniaceae*, например, такие виды рода *Cladonia*, как *C. amaurocraea* (Flörke) Schaer., *C. crispata* (Ach.) Flot., *C. uncialis* (L.) F.H. Wigg. Лишайники с бокальчатыми и палочковидными подециями (*C. carneola* (Fr.) Fr., *C. botrytes* (K.G. Hagen) Willd., *C. coccifera* (L.) Willd., *C. cornuta* (L.) Hoffm., *C. deformis* (L.) Hoffm., *C. metacorallifera* Asah., *C. pleurota* (Flörke) Schaer., *C. polydactyla* (Flörke) Spreng. и др.) в формировании напочвенного покрова мерзлых сегментов без признаков деградации играют значительно меньшую роль, составляя небольшую примесь среди пятен кустистых лишайников. Накипные лишайники (*Icmadophila ericetorum* (L.) Zahlbr.) также имеют ограниченное распространение; нередко корковые образования последнего вида можно встретить непосредственно вблизи муравейников.

В напочвенном покрове, состоящем главным образом из лишайников, роль и разнообразие мхов невелики, обычны *Dicranum elongatum* Schleich. ex Schwägr., *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Polytrichum strictum* Brid., *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not, на склонах и в микропонижениях – *Sphagnum fuscum* (Schimp.) H. Klinggr. (нередко с примесью *Mylia anomala* (Hook.) Gray), *Sphagnum capillifolium* (Ehrh.) Hedw. В моховом покрове мочажин, примыкающих к буграм, господствуют *S. balticum* (Russow) C.E.O. Jensen, *S. jensenii* H. Lindb., *S. lindbergii* Schimp., в наиболее обводненных сегментах – *S. riparium* Ångstr., *Warnstorfia fluitans* (Hedw.) Loeske. Травяной ярус образуют *Eriophorum russeolum* Fries, *Carex limosa* L., *C. rotundata* Wahlenb., на отдельных микроповышениях встречается *C. paupercula* Michx., в обводненных участках – *Menyanthes trifoliata* L., в более трофных проточных сегментах, ближе к центру ложбин стока, – *Carex canescens* L., *C. rostrata* Stokes, *Eriophorum gracile* Koch.

## Результаты и обсуждение

На мерзлых буграх рассматриваемого района отмечены различные ландшафтные признаки деградации мерзлоты (формы термокарста): пятна оголенного торфа, совмещенные с локальными просадками; трещины-разрывы полигонального характера, пронизывающие не только лишайниковый покров, но постепенно распространяющиеся и на нижележащую торфяную толщу; термокарстовые депрессии в виде небольших просадок (микропровалов); воронки разного размера и конфигурации (но преимущественно округлой), а также оползневые процессы, сопровождающие разрушение склонов. На крупных буграх большее распространение получили оголенные пятна торфа, оползни, термокарстовые воронки. На плоских буграх протаивание нередко происходит быстрее, сегмент бугра как бы «оседает», приводя к фрагментации бугра. В результате формируется кочковатый микрорельеф, причем кочки и микробугры, под которыми сохраняются многолетнемерзлые породы, перемежаются с постепенно увеличивающимися в размерах обводняющимися микропонижениями. Климатические флуктуации последних лет, проявляющиеся, в том числе, в чрезмерно влажных летних сезонах на фоне роста температур (2014–2015 гг.) приводят к особенно интенсивному таянию сегментов невысоких бугров (высотой до 50–70 см). На одном бугре могут быть отмечены разные формы термокарста.

Пониженные части бугров, почвы которых протаивают полностью по всему профилю, оседают и погружаются в обводненные мочажины. Если в профиле не подверженных протаиванию торфяных почв уровень

многолетней мерзлоты составляет 30–55 см, то в почвах, приуроченных к микропонижениям и нижним частям склонов бугров, он опускается до 70–100 см, в наиболее развитых просадках мерзлота не отмечается в пределах торфяной залежи.

Нами выделены следующие фитоиндикационные признаки проявлений термокарста бугристых болот в парке Нумто.

1. На вершинах и высоких склонах бугров (как крупнобугристых, так и плоскобугристых болот) наибольшее распространение получили *трещины* и *пятна денудации*. Их образование чаще всего приурочено к склонам южной экспозиции, участкам, занятым преимущественно лишайниковым покровом, который, по-видимому, является наиболее уязвимым к действию экзогенных факторов компонентом растительности бугров.

Начальные стадии деградации мерзлоты проявляются в виде небольших трещин в лишайниковом покрове, расширяющихся по мере гибели лишайников. Постепенно на таких участках происходит угнетение кустарничков и оголение прилегающих участков, трещины углубляются, создавая предпосылки для развития термоэрозии (рис. 1, 2).



**Рис. 1.** Инициальные трещины в торфяном пятне

**Fig. 1.** Initial splits in bare peat spot



**Рис. 2.** Трещина-разрыв, захватившая как напочвенный покров, так и слою нижележащего торфа

**Fig. 2.** A large crack extending through surface vegetation as well as into underlying peat layers

На вершинах и склонах бугров нередко торфяные пятна (рис. 3, 4). Генезис таких пятен связывают прежде всего с ветровой эрозией, которая приводит к угнетению растительности и обнажению торфа [Усова, 1983; Валева, Московченко, Арефьев, 2008; Serrälä, 2006]. Торфяные пятна имеют преимущественно овальную форму и мелкобугорковатую поверхность, их площадь составляет от 1 до 25 м<sup>2</sup>. Торф в пятнах старше, плотнее и отличается своими химическими (повышенной кислотностью, более высоким содержанием общего углерода и азота, повышенной подвижностью их форм) и иными свойствами (большими амплитудами температур и меньшей биологической активностью) по сравнению с участками бугров с сохраняющимся растительным покровом [Почвы торфяных пятен..., 2016].

Гибель растительности на таких участках сопровождается деградацией мерзлоты, происходит снижение кровли многолетнемерзлых пород под увеличивающимися в площади пятнами денудации. По нашим замерам, если на крупном бугре на сегменте без признаков протаивания уровень

мерзлоты колеблется в пределах от 20 до 38 см, то в примыкающих пятнах денудации он снижается до 52–62 см. Скорость роста пятен денудации на крупных буграх весьма высока: так, на одном из бугров за 5 лет мониторинга пятно возникло и распространилось на площадь 70 дм<sup>2</sup>. С течением времени в некоторых крупных денудированных пятнах начинают образовываться просадки, представляющие наиболее раннюю стадию развития термокарстовых воронок. При этом глубина протаивания увеличивается до 78 см.



**Рис. 3.** Пятно оголенного торфа на вершине бугра крупнобугристого болота

**Fig. 3.** Spot of bare peat on the top of large mound in palsa mire

Характер почвенно-растительного покрова участков с оголенными пятнами торфа довольно динамичен. В случаях, когда происходит резкое оседание (сползание) сегмента бугра, торфяная поверхность нередко остается без растительности до его погружения в прилегающую мочажину или топь. Обычно такая ситуация характерна для наиболее крутых протаивающих склонов. В то же время на более стабильных сегментах, располагающихся на вершинах и пологих склонах, проседание торфа развивается медленнее.



**Рис. 4.** Формирование просадки в частично заросшем торфяном пятне на вершине крупного бугра под влиянием деградации мерзлоты

**Fig. 4.** Formation of slump in partly revegetated peat spot on the top of large mound under the impact of permafrost degradation

В пределах контуров таких пятен в ряде случаев отмечено формирование пионерных группировок (часто «затягивающих» торфяные пятна по краям), состоящих из зеленых мхов (*Polytrichum strictum*, *P. juniperinum* Hedw., *Dicranella cerviculata* (Hedw.) Schimp., *Pohlia nutans* (Hedw.) Lindb.), а также из лишайников преимущественно рода *Cladonia* с бокальчатыми (*Cladonia cenotea* (Ach.) Schaer., *C. chlorophaea* (Flörke ex Sommerf.) Spreng., *C. coccifera*, *C. deformis*, *C. pleurota*, *C. pyxidata* (L.) Hoffm., *C. sulphurina* (Michx.) Fr.) или палочковидными (*C. cariosa* (Ach.) Spreng., *C. cornuta*, *C. ecmocyna* Leight., *C. macilenta* Hoffm., *C. squamosa* Hoffm., *C. strepsilis* (Ach.) Grognot) подециями. Большинство из этих видов лишайников нередко встречаются также на оголенном торфе верховых болот. По сравнению со стабильными в мерзлотном отношении сегментами бугров кустистые лишайники, такие как *C. rangiferina*, *C. stellaris*, *C. amaurocraea*, играют значительно меньшую роль при вторичном зарастании. То же относится к некоторым

другим видам рода *Cladonia*, например *C. crispata*, *C. digitata* (L.) Hoffm. По мнению Н.Я. Каца, присутствие *Dicranella cerviculata* и *Pohlia nutans* указывает на сильную деградацию вершин бугров [Каз, 1948]. Преобладание некустистых форм лишайников рода *Cladonia*, видимо, связано с более ксерофитными условиями, характерными для таких пятен. Среди формирующегося лишайникового покрова выделяются сероватые, часто стерильные, корковые пятна накипных лишайников. Предположительно, это талломы *Imadophila ericetorum*, т.к. те корки, на которых имелись апотеции, относятся именно к этому виду.

С течением времени по периферии пятен появляются немногочисленные экземпляры корневищных трав – *Rubus chamaemorus*, реже *Eriophorum russeolum*. В целом, подобные растительные группировки не отличаются стабильностью: фаза восстановления может вновь смениться образованием трещин и просядок, появлением новых незадернованных пятен торфа. Трофность в вышеописанных местообитаниях в целом остается на прежнем уровне: болотные биогеоценозы сохраняют свой олиготрофный статус.

2. Протаивание бугров, особенно крупных, сопровождается формированием *термокарстовых просядок* и *воронок*.

Трофность местообитаний, как и связанный с ней характер растительности, поселяющейся во *внутренних термокарстовых просядках*, прежде всего, зависит от стадии протаивания, а также от расположения воронки – изолированного в теле бугра или на его периферии, непосредственно граничащей с оконтуривающими бугор мочажинами.

В термокарстовых формах, приуроченных к умеренно дренированным участкам (*небольшим просядкам* в теле крупных бугров глубиной до 1–1,5 м), формируются более влажные, чем на дренированных выпуклых вершинах условия (рис. 5). Большая защищенность от ветра и возможность накопления снега во внутренних частях или на склонах бугров позволяет развиваться сравнительно пышной сомкнутой растительности при сохранении, однако, олиготрофного видового состава. Обычно к таким просядкам приурочены единичные деревья *Betula pubescens* Ehrh., высокорослые экземпляры *B. nana*, реже – *Ledum palustre*, *Chamaedaphne calyculata*. Хорошо развит травяной ярус из *Rubus chamaemorus* с примесью *Eriophorum russeolum*. Моховой ярус состоит из *Polytrichum strictum*, *Pleurozium schreberi* с вкраплениями *Sphagnum capillifolium*. Лишайники в таких местах отсутствуют. Указанные сообщества относительно устойчивы, однако по мере разрастания и углубления воронок повышается их обводненность и они переходят в следующую сукцессионную стадию, для которой характерны более влаголюбивые виды.



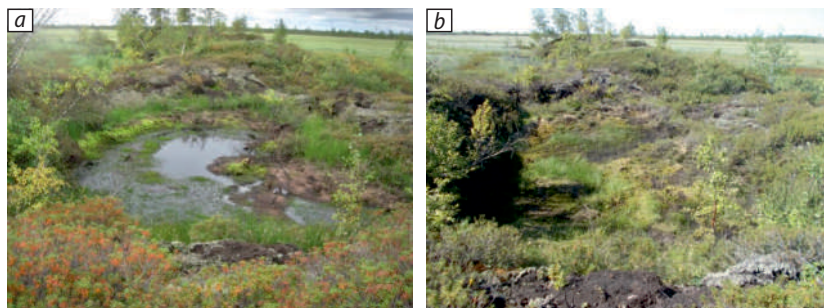
**Рис. 5.** Дренажированные воронки-просадки на участках крупнобугристых болот

**Fig. 5.** Drained funnel-slumps in the large mounds of palsa mires

Более глубокие термокарстовые воронки (глубже 1,5 м) отличает дифференциация растительности – своеобразная поясность из-за неоднородности условий, возникающих на разных высотных уровнях их бортовых частей. Формирование такой просадки нами было прослежено в течение 2013–2017 гг. в массиве крупнобугристого болота в районе истока одного из безымянных притоков р. Танаётайеган. Бугор с обследованной воронкой непосредственно примыкал к крупной мезотрофной ложбине стока. Глубина данной просадки составила 2,2 м, диаметр в верхней части – около 7 м.

По мере увеличения размеров депрессии в термокарстовых просадках все в возрастающих объемах скапливаются атмосферные осадки, способствующие ускорению деградации мерзлоты. При наличии мерзлого водоупора в глубоких молодых воронках в летний период сохраняется вода в виде небольших озерков диаметром несколько метров. Перехватывая локальный сток из таящего торфа, воронка быстро эвтрофицируется, что незамедлительно проявляется в формировании в ее наиболее глубокой части мезотрофных сообществ, включающих как виды-индикаторы повышенной трофности (*Carex canescens*, *Sphagnum fimbriatum* Wilson, *S. squarrosum* Crome), так и олиго-мезотрофные виды (*Eriophorum russeolum*, *Carex paupercula*, *Sphagnum riparium*, *Warnstorfia fluitans* – последние два вида мхов характерны для наиболее обводненных частей термокарстовых озерков). В условиях длительного обводнения сохранившиеся в качестве экологических реликтов отдельные кустарнички выпадают. В дальнейшем, по мере осушения днищ в процессе протаивания мерзлого водоупора, роль сплавин, образованных влаголюбивыми гигро-гидрофитными мхами, снижается: здесь начинает разрастаться *Eriophorum russeolum* – вид с весьма широкой экологической амплитудой (рис. 6).





**Рис. 6.** Участок крупнобугристого болота:

*a* – молодая термокарстовая воронка в 2013 г.; *b* – тот же участок в 2017 г., произошло протаивание мерзлоты и осушение воронки, послужившее импульсом к переходу к следующей фазе развития растительности в ее донной части

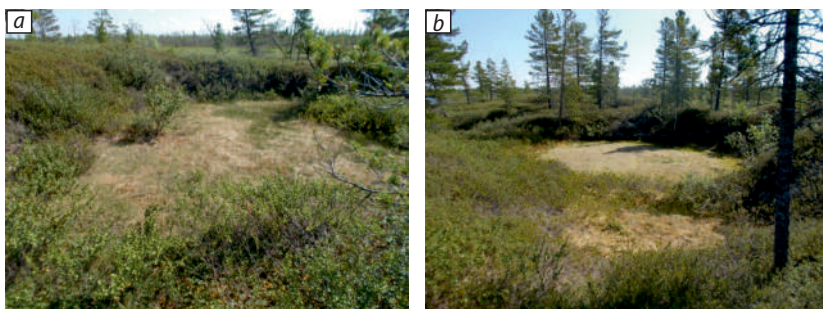
**Fig. 6.** Large mound of pals mire:

*a* – recent thermokarst funnel in 2013; *b* – the same plot in 2017, the fannel was drained as a result of permafrost thawing. This caused change in vegetation of funnel bed

В верхних частях бортов воронок сохраняются малочисленные экземпляры кустарничков, характерных для ненарушенных бугров (*Ledum palustre*, *Betula nana*, *Chamaedephe calyculata*). Оголяющиеся участки торфа часто испещрены разрывами-трещинами в сочетании с локальными просадками отдельных блоков торфа, несколько более стабильные сегменты зарастают главным образом олиготрофными видами, малотребовательными к влаге: лишайниками *Cladonia amaurocraea*, *C. arbuscula*, *C. coccifera*, *C. deformis*, *C. macilenta*, *C. pleurota*, *C. rangiferina*, *C. scabriuscula* (Delise) Nyl., *C. stellaris*, *C. squamosa*, *C. sulphurina*, *C. strepsilis*, *Cetraria odontella* (Ach.) Ach. (два последних относятся к числу редких на болотах) и мхами *Polytrichum strictum*, *Pleurozium shreberi*. Изредка отмечаются низкорослые деревца *Betula pubescens*. Исключение составляет гигрофит и эвтроф *Calamagrostis langsdorffii* (Link) Trin., единичные экземпляры которого поселились с течением времени на эродированных бортах.

На средних уровнях склонов воронок также господствуют олиготрофные виды. Состав растительности этого пояса определяется прежде всего возрастающим увлажнением из-за периодического накопления снега и стока влаги с поверхности бугра. На фоне внедрения *Eriophorum russeolum* здесь сохраняются виды более ксерофитного верхнего яруса (*Polytrichum strictum*, лишайники), отдельные кустарнички, причем они значительно увеличиваются в размерах по сравнению с экземплярами, растущими на ненарушенной мерзлой части бугра.

В целом, для парка Нумто отмечена широкая вариабельность трофности в сукцессионных рядах, наблюдаемых в термокарстовых просадках. Встреченные нами изолированные сравнительно небольшие (диаметром до 1–3 м и глубиной менее 1 м) молодые обводненные воронки в теле бугров плоскобугристых массивов были олиготрофны, они зарастали главным образом *Eriophorum russeolum*. Вместе с тем, Валева с соавторами отмечает трофные условия в термокарстовых просадках вдоль береговых линий особо крупных термокарстовых озерков, образующихся в массивах плоскобугристых болот парка Нумто: здесь, по их сведениям, поселяются ивы (*Salix lapponum* L.), травы – *Carex aquatilis* Wahlenb., *C. limosa*, *C. rotundata*, *Eriophorum angustifolium* Honck., подмаренники, *Menyanthes trifoliata*, а также *Sphagnum lindbergii*, *S. squarrosum* [Валева, Московченко, Арефьев, 2008].



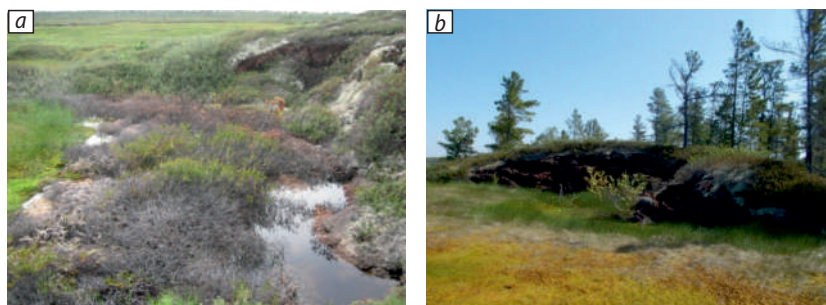
**Рис. 7.** Старые термокарстовые воронки на крупнобугристом болоте с развившейся в них олиготрофной растительностью. Заметна неоднородность рельефа и растительности склонов воронки (рис. 7b)

**Fig. 7.** Old thermokarst funnels with oligotrophic vegetation in large mounds of palsamires. Heterogeneity of relief and vegetation is observed on funnel slopes (fig. 7b)

В то же время обследованные нами растительные сообщества более старых термокарстовых воронок с характерной стабилизацией эрозии бортов в массиве крупнобугристого болота в районе истока левого притока р. Интимияха (Соромказым) отличало олиготрофное состояние (рис. 7). Выположенные склоны западной экспозиции обильно заросли *Betula nana*, *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum palustre*, сфагновыми мхами. Склоны восточной экспозиции еще не прошли окончательно стадию эрозионной переработки: они выше, более дренированные.

Здесь сохраняются пятна оголенного торфа, трещины, наряду с лишайниковым покровом и разрозненными кустарничками. Такое различие может быть обусловлено направлением ветра и накоплением влаги. Днища данных воронок представляют собой сообщества из *Eriophorum russeolum*, *Sphagnum balticum*, *S. lindbergii*, сходные по видовому составу с олиготрофной мочажинной растительностью района исследования.

3. Как было уже достаточно давно установлено [Тыртиков, 1979], торфяные бугры с обрывистыми берегами, на которых видны обвалы обнаженного торфа, служат показателями интенсивных современных термокарстовых процессов. Для района исследований подобные проявления довольно характерны и распространены на буграх гетеротрофных мерзлых болот всех типов.



**Рис. 8.** Просадка на склоне:

*a* – плоскобугристого болота; *b* – крупнобугристого болота

**Fig. 8.** Slump on the slope:

*a* – of flat mound in palsamire; *b* – of large mound in palsamire

Растительность *просадок*, формирующихся на внешней стороне склонов бугров, отличается конвергенция с растительностью мочажин и проточных ложбин («ерсей»), также преимущественно имеющих олиготрофный или олиго-мезотрофный характер (рис. 8). После обрушения сегментов торфа и погружения в воду они быстро затягиваются сфагновыми мхами, среди которых основную роль играет *Sphagnum riparium* (рис. 9). Этот вид является пионерным и обычно доминирует в молодых обводненных просадках. Он первым поселяется по периферии протаивающих бугров, окаймляя их и формируя у их подножия зоны, выступая, таким образом, верным индикатором процесса деградации мерзлоты. Как отмечалось выше, при активном таянии сегментов бугров выделяются питательные элементы, накопленные в торфе, что, видимо,

и объясняет разрастание даже на олиготрофных по своему статусу участках болот сравнительно трофного *Sphagnum riparium*. И.С. Ильина с соавторами обращает внимание на образующиеся при подтаивании мерзлого ядра бугров крупнобугристых болот кольца открытой водной поверхности шириной до 4–5 м [Растительный покров..., 1985]. В условиях юга парка Нумто подобные обводненные участки слабо выражены, по всей видимости, благодаря зарастанию сфагновыми мхами, и прежде всего *S. riparium* (рис. 10). Реже в молодых обводненных окраинных просадках нами отмечался *S. flexuosum* (Dozy et Molk.).



Рис. 9. Молодая просадка с формирующейся сплавинкой из *Sphagnum riparium*

Fig. 9. Recent waterlogged slump with forming cover of *Sphagnum riparium*

В более старовозрастных, развитых, заросших окраинных воронках обычно присутствуют олиготрофные сфагновые мхи (*S. lindbergii*, *S. balticum*, *S. angustifolium* (С.Е.О. Jensen ex Russow) С.Е.О. Jensen). На следующем этапе в молодых обводненных просадках поселяются корневищные осоковые, растущие в окружающих бугры мочажинах-«ерсеях». Постепенно на таких сегментах развиваются осоково-сфагновые, пушицево-сфагновые сообщества, близкие по составу к растительности прилегающих к зарастающим депрессиям участков.



**Рис. 10.** Участок открытой водной поверхности у подножия мерзлого бугра крупнобугристого болота, зарастающий *Sphagnum riparium*

**Fig. 10.** Open water surface vegetated by *Sphagnum riparium* at the foot of a large mound in palsa mire

На относительно дренированных и менее обводненных недавно деградировавших сегментах обвалившегося торфа по периферии бугров крупнобугристых болот отмечены *Polytrichum strictum* (на микроповышениях), *Sphagnum fuscum*, *S. capillifolium*, *S. russowii* Warnst., кустарнички, *Rubus chamaemorus*.

Быстро деградирующие периферии бугров плоскобугристых болот распознаются по погибшим кустарничкам, выпадающим лишайникам и замещающей их «кайме» из вегетативно подвижных видов (*Eriophorum angustifolium*, *E. russeolum*, *Rubus chamaemorus*, *Carex rotundata*) и, кроме того, интенсивно распространяющейся пушицы *Eriophorum vaginatum*. Из лишайников первыми погибают кустистые виды рода *Cladonia*, у которых отсутствует коровый слой (представители секции *Cladina*). При вымокании лишайников из них вымываются так называемые «лишайниковые кислоты» – органические соединения, обладающие антибиотической активностью и защищающие лишайники

от инфекции. Лишенные лишайниковых кислот, талломы лишайников сильнее разлагаются и обогащают почву питательными веществами, что, в свою очередь, способствует более бурному развитию почвенных микроорганизмов, и, как следствие этого, усилению в почве микробиологических процессов.

Одним из выраженных индикационных признаков протаивания служит мощное развитие травостоя из *Eriophorum russeolum*. Если в обычных условиях средняя высота экземпляров данного вида в мочажинах массивов плоскобугристых болот составляет 29–40 см, то непосредственно у подножия протаивающих бугров она достигает 59–62 см на фоне заметного увеличения облия (плотности стеблестоя). Главным фактором такого поведения пушицы, как и внедрения *Sphagnum riparium*, выступает эвтрофикация болота, происходящая при таянии многолетнемерзлого торфа.

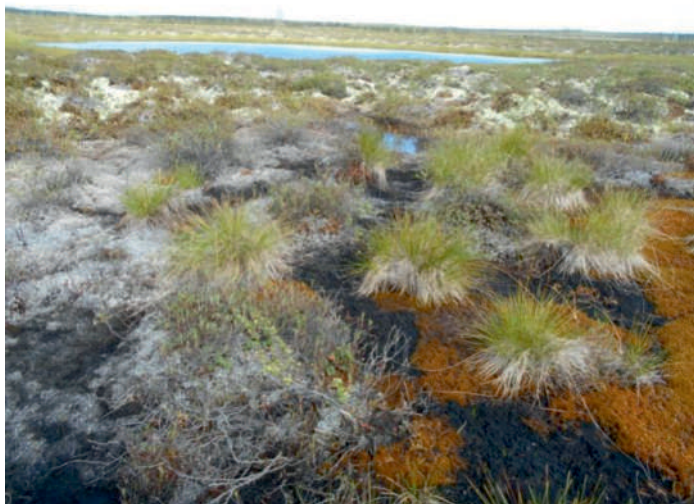
Участки давно протаявших бугров или их сегментов в определенных случаях могут быть выявлены по микрогрядам или кочкам, несколько возвышающимся над поверхностью мочажин (рис. 11). Травяно-кустарничковый ярус этих сохраняющихся повышений представлен главным образом *Chamaedaphne calyculata*, *Andromeda polifolia*, *Rubus chamaemorus*, на протаявших участках нередко *Eriophorum vaginatum*. Весьма разнообразен здесь моховой покров. Верхние части микроповышений занимают *Sphagnum fuscum*, *S. capillifolium*, *S. magellanicum* Brid., склоны и прилегающие понижения – *S. angustifolium*, *S. balticum*, *S. jensenii*, *S. lindbergii*, *S. majus* (Russow) C.E.O. Jensen, *S. riparium*, *S. russowii*, на гребнях могут поселиться *Pleurozium schreberi* и некоторые виды рода *Cladonia*. Эти растения-индикаторы свидетельствуют об олиготрофности сформировавшихся биогеоценозов. Однако на талых участках крупнобугристых болот, примыкающих к мезотрофным ложбинам стока, влияние последних обуславливает внедрение в сообщества из перечисленных видов мезотрофных *Sphagnum fimbriatum* и *Straminergon stramineum* (Dicks. ex Brid.) Hedenäs.

4. Внутренние участки плоских бугров часто проседают неравномерно, вследствие чего приобретают фрагментированную *кочкарно-западинную форму* (рис. 12). При протаивании мерзлоты растительность здесь в целом сохраняет олиготрофные черты, но обогащается более влаголюбивыми элементами. Главным отличием таких вновь формирующихся термокарстовых местообитаний от окраинных просадок является более сложная горизонтальная структура, а также менее быстрая конвергенция с мочажинной растительностью, что позволяет на этапе протаивания сохранять более разнообразный видовой состав.



**Рис. 11.** Сохраняющаяся часть (показана стрелками) деградирующего бугра крупнобугристого болота

**Fig. 11.** The remaining part (is shown with arrows) of degraded mound in palsamire



**Рис. 12.** Протаивающий сегмент бугра плоскобугристого болота

**Fig. 12.** Thawing patch of flat mound in palsamire

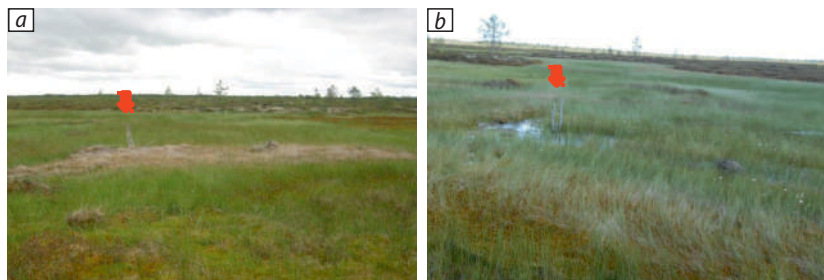
На относительно дренированных повышенных элементах микро-рельефа (кочках) кустарнички и лишайники уступают место покрову из трав (*Eriophorum vaginatum*, *E. russeolum*, *Rubus chamaemorus*, *Drosera rotundifolia* и др.) и гигрофитных сфагновых мхов (*Sphagnum fuscum*, *S. capillifolium*), а в постепенно обводняющихся понижениях – только из сфагновых мхов, в т.ч. *S. angustifolium*, *S. jensenii*, *S. lindbergii*, *S. majus*. Из числа кустарничков на талых кочках быстрее всех расселяется *Andromeda polifolia*. На сохраняющихся микроповышениях поселяются зеленые мхи: *Polytrichum juniperinum*, *P. piliferum* Hedw., *P. strictum*, *Dicranella cerviculata*, *D. elongatum*, *D. undulatum* Schrad. ex Brid., *Ditrichum flexicaule* (Schwägr.) Hampe и др. Здесь же часто внедряются печеночники – *Calypogeia neesiana* (C. Massal. & Carestia) Müll. Frib., *Cephalozia loitlesbergeri* Schiffn., *C. lunulifolia* (Dumort.) Dumort., *Cephaloziella elachista* (J.B. Jack ex Gottsche & Rabenh.) Schiffn., *Cladopodiella fluitans* (Nees) H. Buch, *Mylia anomala*, *Sphenobolus minutis* (Schreb.) Berggr. При обводнении наиболее пониженных сегментов появляется и разрастается *Warnstorfia fluitans*.

Процесс трансформации растительного покрова на оседающих участках плоских бугров соответствуют, таким образом, следующему сукцессионному ряду: лишайники + кустарнички → гигрофитные сфагновые мхи и/или зеленые мхи + печеночники → гигро-гидрофитные сфагновые мхи + *Warnstorfia fluitans*.

Однако в ряде случаев индикация месторасположения разрушенных и опустившихся в мочажины бугров оказывается затруднительной из-за динамичности сукцессионных смен. Так, обследованные нами в 2013 г. остатки мерзлого бугра плоскобугристого болота, расположенного в центре мочажины, высотой до 20 см и площадью около 5 м<sup>2</sup> в районе истоков р. Танаётайган (массив плоскобугристых болот) (рис. 13a) за влажное и теплое лето 2014 г. полностью погрузились в мочажину, в то время как встречавшиеся на нем лишайники (*Cladonia coniocraea* (Flörke) Spreng., *C. pleurota*) вымокли. Ранее произраставшие здесь мезотрофный *Sphagnum obtusum* Warnst. и мезо-эвтрофный *S. squarrosum*, а также приуроченные к сохранявшимся микроповышениям *Polytrichum longisetum* Sw. ex Brid, B. Mey. & Schreb. и *Bryum pseudotriquetrum* (Hedw.) P. Gärtn. заместились «наплывшими» из прилегающей мочажины олиготрофными *Sphagnum balticum* и *S. jensenii* (рис. 13b). Наиболее протаявшие обводнившиеся сегменты заняла *Warnstorfia fluitans*, а контуры ранее существовавшего бугра выделялись среди окружающей его растительности мочажины лишь по более мощной наросшей дернине из *Eriophorum russeolum*. При обследовании в 2015 г. проективное покрытие мохового яруса на месте этого протаявшего



бугра составило 100%, доминировали олиготрофные мочажинные виды – с вкраплениями *Warnstorfia fluitans*. Сохранились только два локальных микроповышения с единичными экземплярами *Andromeda polifolia* и *Chamaedaphne calyculata*, в то время как *Eriophorum russeolum* распространилась на просевшие части бугра (см. рис. 13b).



**Рис. 13.** Остатки протаявшего бугра плоскобугристого болота: *a* – август 2013 г.; *b* – август 2015 г.

**Fig. 13.** Remnants of thawed mound in palsa mire: *a* – August 2013; *b* – in August 2015

Обращает на себя внимание, как по мере протаивания бугра менялась трофность растительности в сукцессии: олиготрофная фаза нативного мерзлотного состояния сменилась в результате эвтрофикации при протаивании мезотрофной, которая, в свою очередь, в завершении термокарстового процесса снова перешла в олиготрофную фазу, соответствующую по статусу трофности окружающей мочажине.

5. К одним из хорошо заметных признаков протаивания мерзлоты крупнобугристых болот можно отнести участки с «пьяным лесом». Обычно это стволы деревьев (ранее произраставших на буграх кедров и сосен или сравнительно недавно поселившихся берез), перешедших или переходящих в отпад, наклоненные или упавшие, сохраняющиеся на осевших сегментах бугров, сползшие с протаявших склонов или находящиеся в термокарстовых воронках. «Саблевидность», изогнутость стволов указывает на деформационные процессы в многолетнемерзлых грунтах, происходящих по мере роста стволов. Состояние деревьев позволяет примерно оценить возраст воронок: наличие живых деревьев указывает на образование термокарстовых просадок в течение последних нескольких лет. Нередко о расположении существовавших ранее бугров можно судить только по сохранившимся остаткам стволов, погруженных в пушицево-осоково-сфагновые мочажины или участки ложбин стока (рис. 14–16).



**Рис. 14.** Разрушение бугра крупнобугристого болота (бассейн реки Ай-Куръех)

**Fig. 14.** Degradation of mound in palsa mire (basin of Ay-Kuryekh river)



**Рис. 15.** Термокарстовая просадка с деревьями, полностью или частично перешедшими в отпад

**Fig. 15.** Thermokarst slump with dead and alive trees



**Рис. 16.** Междуречье рек Питыехан и Мевтыайехан. Протаявшие участки бугров крупнобугристого болота обнаруживаются по погибшим деревьям и кустарничкам

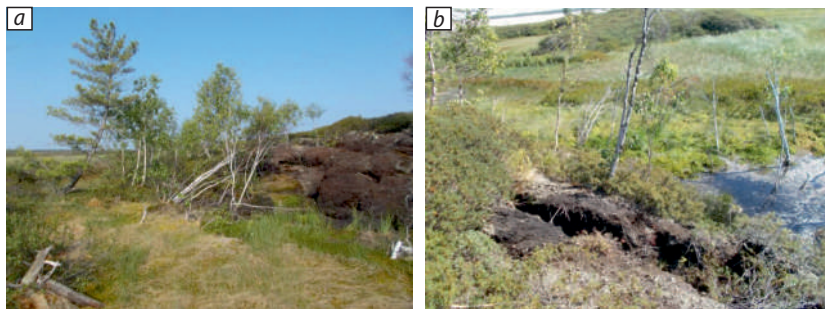
**Fig. 16.** Watershed of rivers Pityekhan and Mevtyaikhan. The area of degraded large mounds is detected by dead trees and dwarf shrubs

Часто ранее протаявшие сегменты с деревьями и приствольными микроповышениями выделяются на общем фоне мочажинной растительности по разросшейся *Chamaedaphne calyculata*.

Как один из наиболее «устойчивых» компонентов растительности бугров деревья (в т.ч. и погибшие) способны выполнять функции достоверных индикаторов термокарста на значительно более длительном временном отрезке, чем лишайники, мхи и кустарнички. Проведенные О.Е. Пономаревой с соавторами дендрохронологические исследования деревьев, приуроченных к термокарстовым формам рельефа в районе Надымского стационара в зоне распространения островной мерзлоты Западной Сибири, позволили сделать вывод о дестабилизации состояния бугров в последние три десятилетия [Реакция островной криолитозоны..., 2016]. Более того, само по себе поселение деревьев на крупных буграх может свидетельствовать о высокой вероятности начала термокарста.

Так, А.П. Тыртиков считал поселение *Betula pubescens* на буграх предпосылкой к развитию деструктивных процессов, связанных с протаиванием мерзлоты [Тыртиков, 1969], что подтверждается и нашими наблюдениями: массивы деградирующих крупных бугров заселяются *B. pubescens*, популяции которой включают все возрастные группы, в том числе и обильный подрост (рис. 17). Кайма из берез, нередко наклоненных в разные стороны, обычно указывает на сравнительно недавно просевшие участки с вытаявшей мерзлотой; кустарничковый,

травяной и моховой ярусы на таких местообитаниях дренированного типа представлены пышно развитыми *Betula nana*, *Rubus chamaemorus* и *Polytrichum strictum*, в местообитаниях мочажинного типа – корневищными видами осоковых и сфагновыми мхами. Подрост *Betula pubescens* нередко сохраняется на бортах старых термокарстовых воронок.



**Рис. 17.** «Пьяный лес» из *Betula alba* на деградирующих склонах крупных бугров

**Fig. 17.** “The drunken forest” from *Betula alba* on degrading slopes of large mounds

Для северо-восточной части парка характерно активное поселение подроста кедра на буграх плоскобугристых болот. Проростки кедра при этом приурочены к моховому покрову и трещинам на обнаженных участках торфа [Валеева, Московченко, Арефьев, 2008].

## Выводы

1. Для южной части парка Нумто характерно почти полное прерывание цикличности образования мерзлоты, которое сменяется в настоящее время поступательным развитием термокарста мерзлых бугристых болот. На разных стадиях термокарста и для разных типов болот выделяется ряд растительных индикаторов протаивания («пьяный лес», замещение кустистых лишайников на лишайники с бокальчатыми и трубчатými подтециями, гибель кустарничков и лишайников, эвтрофикация сообществ, появление «каймы» из вегетативно подвижных видов, образование сплавин и т.д.).

2. Начальные стадии термокарста бугра часто сопряжены с появлением пятен оголенного торфа и трещин в лишайниковом покрове, угнетением кустарничков. При замедлении термокарстового процесса происходит вторичное поселение лишайников и мхов, способных выдерживать более ксерофитные по сравнению с исходными условия.

3. На стадиях малоуглубленных дренированных форм термокарста (небольших просадок и воронок) растительность сохраняет исходный олиготрофный характер. Однако ксерофитные лишайники здесь сменяются зарослями из болотных кустарничков, *Rubus chamaemorus*, а также покровами из политриховых и гигрофитных сфагновых мхов.

4. В глубоких обводненных воронках растительность формирует несколько высотных уровней, связанных с увлажненностью и трофностью местообитаний. В термокарстовых депрессиях, сохраняющих мерзлый водоупор, формируются сплавины из олиго-мезотрофных и мезо-эвтрофных сфагновых мхов, *Warnstorfia fluitans*, окаймленные травостоем *Eriophorum russeolum*. При этом переход в мезотрофную стадию, очевидно, связан с эвтрофикацией сообществ вследствие притока высвобождающихся при таянии бугра минеральных элементов. При осушении воронок в дальнейшем происходит поступательная реверсивная олиготрофизация болотного сообщества.

5. Растительность просадок, формирующихся с внешней стороны склонов бугров, отличается более быстрой конвергенцией с растительностью мочажин и проточных «ерсей» по сравнению с растительностью внутренних изолированных воронок.

6. Растительность внутренних участков активно деградирующих плоских бугров сохраняет олиготрофные черты, но обогащается более влаголюбивыми элементами. По сравнению с окраинными просадками для данных местообитаний характерна более сложная горизонтальная структура, замедленная конвергенция с мочажинной растительностью, что позволяет на этапе протаивания сохранять более разнообразный видовой состав.

#### Библиографический список / References

Аветов Н.А., Шишконокова Е.А. Понятие трофности в связи с антропогенной эвтрофикацией верховых болот ханты-мансийского Приобья // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2013. Вып. 71. С. 36–51. [Avetov N.A., Shishkonakova E.A. A concept of trophy status in connection with anthropogenic eutrophication of raised bogs in the Khanty-Mansy Pre-Ob region. *Bulletin of V.V. Dokuchaev Soil Science Institute*. 2013. Vol. 71. Pp. 36–51.]

Болота котловины хасырея Ай-Надымтылор (природный парк Нумто, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра) / Шишконокова Е.А., Абрамова Л.И., Аветов Н.А. и др. // Бюллетень московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2013. Т. 118. № 2. С. 48–56. [Shishkonakova E.A., Abramova L.I., Avetov N.A. et al. Mires of former lake bed Ai-Nadymtylor (Nature Park Numto, Khanty-Mansiysky autonomous Okrug – Yugra). *Byulleten' Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody. Otdel Biologicheskii*. Vol. 118 (2). Pp. 48–56.]

Валеева Э.И., Московченко Д.В., Арефьев С.П. Природный комплекс парка «Нумто». Новосибирск, 2008. [Valeeva E.I., Moskovchenko D.V., Arefev S.P. Prirodnyi kompleks parka «Numto» [Nature complex of Park Numto]. Novosibirsk, 2008.]

Выпуклые бугры пучения многолетнемерзлых торфяных массивов / Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., Буданцева Н.А., Чижова Ю.Н. М., 2008. [Vasil'chuk Yu.K., Vasil'chuk A.K., Budantseva N.A., Chizhova Yu.N. Vypuklye bugry pucheniya mnogoletnemerzlykh torfyanykh massivov [Convex heave mounds of permafrost peatlands]. Moscow, 2008.]

Генезис и эволюция бугристых болот на территории редкоостровной многолетней мерзлоты на Европейском Северо-Востоке (бассейн среднего течения реки Косью) / Пастухов А.В., Марченко-Вагапова Т.И., Каверин Д.А., Гончарова Н.Н. // Криосфера Земли. 2016. Т. 20. № 1. С. 3–14. [Pastukhov A.V., Marchenko-Vagapova T.I., Kaverin D.A., Goncharova N.N. Genesis and evolution of palsa mires on the territory of rare-island permafrost in the North-East of Europa (river basin of middle reaches of Kosyu). *Earth's Cryosphere*. 2016. Vol. 20 (1). Pp. 3–14.]

Изменения температурного поля мерзлых пород и состояния геосистем на территории Уренгойского месторождения за последние 35 лет (1974–2008) / Дроздов Д.С., Украинцева Н.Г., Царев А.М., Чекрыгина С.Н. // Криосфера Земли. 2010. Т. 14. № 1. С. 22–31. [Drozdov D.S., Ukraintseva N.G., Tsarev A.M., Chekrygina S.N. Changes in the temperature field of frozen rocks and the state of geosystems on the territory of the Urengoy field for the last 35 years (1974–2008). *Earth's Cryosphere*. 2010. Vol. 14 (1). Pp. 22–31.]

Кац Н.Я. Типы болот СССР и Западной Европы и их географическое распространение. М., 1948. [Kats N.Ya. Tipy bolot SSSR i Zapadnoi Evropy i ikh geograficheskoe rasprostraneniye [Mire types of USSR and Western Europe and their geographic distribution]. Moscow, 1948.]

Кутенков С.А. Растительность болот заказника «Полуйский» (Ямало-Ненецкий автономный округ) // Актуальные проблемы геоботаники: Материалы III Всероссийской школы-конференции. Петрозаводск, 2007. Ч. 1. С. 280–285. [Kutenkov S.A. Mire vegetation of reservation Poluysky (Yamalo-Nenetsky autonomous Okrug). *Aktual'nye problemy geobotaniki*. Petrozavodsk, 2007. Vol. 1. Pp. 280–285.]

Лапшина Е.Д., Филиппов И.В., Веревкина Е.Л. Дополнение к флоре мохообразных природного парка «Нумто» (Ханты-Мансийский автономный округ, Западная Сибирь) // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. 2018. Т. 9. № 1. С. 3–21. [Lapshina E.D., Filippov I.V., Verevkinina E.L. Addition to flora of Bryophytes in Nature Park Numto (Khanty-Mansiysky autonomous okrug). *Dinamika okruzhayushchei sredy i global'nye izmeneniya klimata*. 2018. Vol. 9 (1). Pp. 3–21.]

«Обвальный» термокарст в Западно-Сибирской субарктике и тенденции глобальных климатических изменений / Кирпотин С.Н., Лапшина Е.Д., Миронычева-Токарева Н.П., Блейтен В. // Экологические, гуманитарные и спортивные аспекты подводной деятельности: Материалы III Междунар. научно-практической конференции. Томск, 2004. С. 163–169. [Kirpotin S.N., Lapshina E.D., Mironycheva-Tokareva N.P., Bleuten V. "Collapse" thermokarst in West Siberian Subarctic and trends of global climate changes. *Ehkologicheskie, gumanitarnye i sportivnye aspekty podvodnoi deyatelnosti*. Tomsk, 2004. Pp. 163–169.]

Общее мерзлотоведение / Отв. ред. П.И. Мельников, Н.И. Толстихин. Новосибирск, 1974. [Obshcheye merzlotovedenie [General permafrost study]. P.I. Melnikov, N.I. Tolstikhin (eds). Novosibirsk, 1974.]

Особенности развития почв гидроморфных экосистем северной тайги Западной Сибири в условиях криогенеза / Матышак Г.В., Богатырев Л.Г., Гончарова О.Ю., Бобрик А.А. // Почвоведение. 2017. № 10. С. 1155–1164. [English version: Matyshak G.V., Bogatyrev L.G., Goncharova O.Yu., Bobrik A.A. Specific features of the development of soils of hydromorphic ecosystems in the northern taiga of Western Siberia under conditions of cryogenesis. *Eurasian Soil Science*. 2017. Vol. 50 (10). Pp. 1115–1124.]

Пономарева О.Е., Гравис А.Г., Бердников Н.М. Современная динамика бугров пучения и плоскобугристых торфяников в северной тайге Западной Сибири (на примере Надымского стационара) // Криосфера Земли. 2012. Т. 16. № 4. С. 21–30. [Ponomareva O.E., Gravis A.G., Berdnikov N.M. Current dynamics of heave mounds and palsa mires in the north taiga zone of West Siberia (case study in Nadym research station). *Earth's Cryosphere*. 2012. Vol. 16 (4). Pp. 21–30.]

Почвы торфяных пятен бугристых торфяников севера Западной Сибири / Огнева О.А., Матышак Г.В., Гончарова О.Ю. и др. // Криосфера Земли. 2016. Т. 20. № 2. С. 61–68. [Ogneva O.A., Matyshak G.V., Goncharova O.Yu. et al. Soils of peat spots in palsa peatlands in the north of West Siberia. *Earth's Cryosphere*. 2016. Vol. 20 (2). Pp. 61–68.]

Растительный покров Западно-Сибирской равнины / Ильина И.С., Лапшина Е.И., Лавренко Н.Н. и др. Новосибирск, 1985. [Il'ina I.S., Lapshina E.I., Lavrenko N.N. et al. Rastitel'nyi pokrov Zapadno-Sibirskoi ravniny [Vegetation cover of West Siberian Plain]. Novosibirsk, 1985.]

Реакция островной криолитозоны северной тайги Западной Сибири на изменение климата / Пономарева О.Е., Гравис А.Г., Бляхарчук Т.А. и др. // Материалы Пятой конференции геокриологов России, МГУ им. М.В. Ломоносова, 14–17 июня 2016 г. М., 2016. С. 107–114. [Ponomareva O.E., Gravis A.G., Blyakharchuk T.A. et al. The reaction of the island cryolithozone of the Northern taiga of West Siberia to climate change. *Materialy Pyatoi konferentsii geokriologov Rossii*. Moscow, 2016. Pp. 107–114.]

Тыртиков А.П. Влияние растительного покрова на промерзание и протаивание грунтов. М., 1969. [Tyrtikov A.P. Vliyanie rastitel'nogo pokrova na promerzanie i protaivanie gruntov [The influence of vegetation on the freezing and thawing of soils]. Moscow, 1969.]

Тыртиков А.П. Динамика и развитие мерзлых форм рельефа. М., 1979. [Tyrtikov A.P. Dinamika i razvitie merzlykh form rel'efa [Dynamics and development of frozen relief forms]. Moscow, 1979.]

Усова Л.И. Бугристые бочета северной тайги Западно-Сибирской равнины // Труды ГГИ. 1983. Вып. 303. С. 3–10. [Usova L.I. Palsa mires of northern taiga zone in West Siberian Plain. *Trudy GGI*. 1983. Vol. 303. Pp. 3–10.]

Bond M.J., Carr J. Permafrost thaw and implications for the fate and transport of tritium in the Canadian north. *Journal of environmental Radioactivity*. 2018. Vol. 192. Pp. 295–311.

Camill P. Permafrost thaw accelerates in Boreal peatlands during late 20th century climate warming. *Climatic Change*. 2005. Vol. 68. Pp. 132–152.

The Canadian Wetland Classification System. Waterloo, 1997.

Colombo N., Salerno F., Gruber S. et al. Review: Impacts of permafrost degradation on inorganic chemistry of surface freshwater. *Global and Planetary Change*. 2018. Vol. 162. Pp. 69–83.

Luoto M., Seppälä M. Thermokarst ponds as indicators of the former distribution of palsas in Finnish Lapland. *Permafrost and Periglacial Processes*. 2003. Vol. 14. Pp. 19–27.

Seppälä M. Palsa mires in Finland. *The Finnish environment*. 2006. Vol. 23. Pp. 155–162.

Seppälä M. Synthesis of studies of palsa formation underlining importance of local environmental and physical characteristics. *Quaternary Research*. 2011. Vol. 75. Pp. 366–370.

Статья поступила в редакцию 26.12.2018, принята к публикации 14.02.2019

The article was received on 26.12.2018, accepted for publication 14.02.2019

Сведения об авторах / Information about authors

**Шишконова Екатерина Анатольевна** – кандидат географических наук; старший научный сотрудник отдела генезиса, географии, классификации и цифровой картографии почв, Почвенный институт им. В.В. Докучаева

**Ekaterina A. Shishkonakova** – PhD in Geography; senior researcher at the Department of Genesis, Geography, Classification and Digital Cartography of Soils, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute

E-mail: shishkonakova\_ea@esoil.ru

**Аветов Николай Андреевич** – кандидат биологических наук; ведущий научный сотрудник кафедры географии почв факультета почвоведения, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

**Nikolay A. Avetov** – PhD in Biology; leading researcher at the Department of Soil Geography of the Soil Science Faculty, Lomonosov Moscow State University

E-mail: awetowna@mail.ru

**Толпышева Татьяна Юрьевна** – доктор биологических наук; ведущий научный сотрудник кафедры микологии и альгологии биологического факультета, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

**Tatyana Yu. Tolpysheva** – Dr. Biol. Hab.; leading researcher at the Department of Mycology and Algology of Biological Faculty, Lomonosov Moscow State University

E-mail: tolpysheva@mail.ru

**Тарлинская Анастасия Александровна** – эколог, независимый исследователь

**Anastasiya A. Tarlinskaya** – ecologist, independent researcher

E-mail: traditionale.404@gmail.com



Заявленный вклад авторов

Е.А. Шишконокова – общее руководство, ботаническая часть статьи, фотографии

Н.А. Аветов – почвенно-ландшафтная часть статьи

Т.Ю. Толпышева – лишенологическая часть статьи

А.А. Тарлинская – участие в полевых исследованиях

Contribution of the authors

E.A. Shishkonakova – general guidance, botanical part of the article, photos

N.A. Avetov – soil and landscape part of the article

T.Yu. Tolpysheva – lichenological part of the article

A.A. Tarlinskaya – participation in field research

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи

All authors have read and approved the final manuscript

Исследования  
антропогенно-измененных  
экосистем и урбоэкология

Исследование

DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-1-58-78

**А.В. Козлов\***, **А.Х. Куликова\*\***,  
**О.В. Селицкая\*\*\***, **И.П. Уромова\***, \*\*\*\*

\* Нижегородский государственный педагогический университет  
имени Козьмы Минина,  
603950 г. Нижний Новгород, Российская Федерация

\*\* Ульяновский государственный аграрный университет  
имени П.А. Столыпина,  
432017 г. Ульяновск, Российская Федерация

\*\*\* Российский государственный аграрный университет –  
Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева,  
127750 г. Москва, Российская Федерация

\*\*\*\* ООО «Элитхоз»,  
606476 г. Бор, Нижегородская обл., Российская Федерация

## Изменение активности гидролазно-оксидоредуктазного ферментного комплекса и показателей плодородия дерново-подзолистой почвы под действием бентонитовой глины

В аспекте современного направления оценки потенциального воздействия альтернативных удобрительных материалов на свойства почв определена изменчивость активности основных гидролазных и оксидоредуктазных ферментов в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (по WRB – Retisols) и показателей ее эффективного плодородия под влиянием мелиоративных доз бентонитовой глины. Микрополевое исследование проводили в течение

2015–2017 гг. в условиях Нижегородской области. Породу вносили однократно (2014 г.) в пахотный слой почвы в дозах из расчета 3, 6 и 12 т/га. В годы проведения исследования выращивали озимую пшеницу (*Московская 39*), ячмень (*Велес*) и горох посевной (*Чишминский 95*). При определении ферментативной активности почвы и содержания в ней элементов питания растений использовали классические биохимические и агрохимические методы, используемые в почвоведении. Под влиянием высоких доз бентонитовой глины в почве наблюдали значительную активизацию ферментативной активности (протеазной (до 90%), целлюлазной (почти в 2 раза), фосфатазной (до 140%), полифенолоксидазной (до 30%) и каталазной (до 70%)). Как следствие, выявлено улучшение ее агрохимических показателей, в том числе установлено повышение содержания подвижных соединений фосфора (на 21–31 мг/кг), обменных форм калия (на 32–41 мг/кг), доступных силикатов (в 2–8 раз по  $\alpha$ -форме и в 1,5–3,0 раза по  $\beta$ -форме), усиление нитрифицирующей способности (на 2,6–4,1 мг/кг), а также относительная сохраняемость содержания гумусовых веществ на уровне контроля. Полученные результаты могут являться основой для внедрения бентонита в производственные полевые эксперименты и в последующем для разработки технологии применения бентонитовых глин в земледелии Нечерноземной зоны в качестве мелиоративного средства, оптимизирующего ферментативную активность почв.

**Ключевые слова:** дерново-подзолистая легкосуглинистая почва (*Retisols*), бентонитовая глина, активность гидролаз и оксидоредуктаз в почве, показатели плодородия почвы.

ССЫЛКА НА СТАТЬЮ: Козлов А.В., Куликова А.Х., Селицкая О.В., Уромова И.П. Изменение активности гидролазно-оксидоредуктазного ферментного комплекса и показателей плодородия дерново-подзолистой почвы под действием бентонитовой глины // Социально-экологические технологии. 2019. Т. 9. № 1. С. 58–78. DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-1-58-78.

DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-1-58-78

**A.V. Kozlov<sup>\*</sup>, A.H. Kulikova<sup>\*\*</sup>,  
O.V. Selitskaya<sup>\*\*\*</sup>, I.P. Uromova<sup>\*\*\*\*</sup>**

<sup>\*</sup> Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University,  
Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation

<sup>\*\*</sup> Stolypin Ulyanovsk State Agricultural University,  
Ulyanovsk, 432017, Russian Federation

<sup>\*\*\*</sup> Russian State Agrarian University –  
Moscow Timiryazev Agricultural Academy,  
Moscow, 127750, Russian Federation

<sup>\*\*\*\*</sup> Elitkhoz Ltd,  
Bor, Nizhny Novgorod Region, 606476, Russian Federation

## Change of hydrolase and oxide reductase fermental complex activity and indicators of fertility to sod-podsolic soil under action of bentonite clay

In aspect of modern direction of potential impact assessment of alternative fertilizer materials on properties of soils variability of activity of the main hydrolase and oxide reductase enzymes in sod-podsolic sandy loamy soil (by WRB Retisols) and indicators of its effective fertility under influence of meliorative doses of bentonite clay is determined. Microfield research was conducted during 2015–2017 in conditions of the Nizhny Novgorod Region. Breed was brought once (2014) in an arable layer of earth in doses at rate of 3, 6 and 12 t/hectare. In years of carrying out research grew up winter wheat (*Moskovskaya 39*), barley (*Veles*) and peas of sowing campaign (*Chishminsky 95*). When determining enzymatic activity of soil and maintenance of batteries of plants in it used classical biochemical and agrochemical methods used in soil science. Under influence of bentonite clay high doses in soil observed considerable activation of enzymatic activity (protease (to 90%), cellulase (almost twice), phosphatase (up to 140%), phenol oxidase (up to 30%) and catalase (up to 70%)). As result, improvement of its agrochemical indicators is revealed, including increase in content of mobile compounds

of phosphorus (on 21–31 mg/kg), exchange forms of potassium (on 32–41 mg/kg), available silicates (by 2–8 times in  $\alpha$ -form and at 1,5–3,0 time in  $\beta$ -form), strengthening of nitrifying ability (on 2,6–4,1 mg/kg) and also relative persistence of maintenance of humic substances at level of control is established. Received results can be basis for introduction of bentonite in production field experiments and in subsequent for development of technology of bentonite clays use in agriculture of the Non-chernozem zone as meliorative substance, optimizing enzymatic activity of soils.

**Key words:** sod-podsolic sandy loamy soil (Retisols), bentonite clay, activity of hydrolase and oxide reductase enzymes to soil, indicators of soil fertility.

CITATION: Kozlov A.V., Kulikova A.H., Selitskaya O.V., Uromova I.P. Change of hydrolase and oxide reductase fermental complex activity and indicators of fertility to sod-podsolic soil under action of bentonite clay. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2019. Vol. 9. № 1. Pp. 58–78. (In Russ.) DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-1-58-78.

## Введение

Выращивание сельскохозяйственных культур неизбежно сопровождается отчуждением значительного количества элементов питания на формирование урожая, вследствие чего требуется постоянное пополнение их запасов в доступной форме за счет внесения минеральных и органических удобрений. Однако их применение в необходимом количестве сдерживается дороговизной первых и большими расходами на транспортировку и внесение вторых. В связи с этим возрастает интерес к альтернативным, агрономически эффективным, экологически безопасным и экономически приемлемым источникам питательных веществ и средств мелиорации, способствующим стабилизации почвенного плодородия [Бочарникова, Матыченков, Матыченков, 2011; Pirzad, Mohammadzadeh, 2016].

В настоящее время весьма перспективными в данном отношении считаются высококремнистые породы: диатомиты, цеолиты, трепелы и бентонитовые глины. Все они способны оказывать положительное влияние на физико-химические и агрохимические свойства почв, оптимизируя их структурное состояние и кислотно-основной режим, а также фосфорное и кремниевое питание растений [Шеуджен, Шапацев, Бочко, 2002; Агафонов, Хованский, 2014; Васильева, 2017], вследствие чего повышается урожайность культур и качество получаемой продукции [Куликова, 2010; Лобода, Багдасаров, Фицура, 2014; Гаплаев, 2015; Эффективность природного высококремнистого цеолита..., 2016]. Однако в настоящее время недостаточно сведений, позволяющих раскрыть механизм

их воздействия на систему «почва – растение» и, прежде всего, на биологическую активность почвы и ее ферменты, в конечном итоге определяющих трансформацию всех веществ, поступающих в почву, и ее эффективное плодородие.

Ферменты играют важнейшую роль в биохимических процессах, происходящих в почве, а также определяют стабильность ее некоторых экологических функций [Добровольский, Никитин, 2012]. В почве присутствуют и функционируют системы ферментов, последовательно осуществляющих биохимические реакции, которые являются основой большинства процессов синтеза и превращения веществ [Заварзин, 2014]. На биогеохимическом уровне активность ферментов определяет судьбу поступающего в почву органического вещества. На экологотрофическом уровне за счет ферментативной активности почвы устанавливается стабильность сукцессионного перехода пищевого субстрата от одних консорциев почвенных микроорганизмов к другим [Bowles et al., 2014; Экология..., 2015]. За счет данных процессов в почвах формируется запас стабильных гуминовых продуктов и подвижных минеральных компонентов, определяющих питание и устойчивость растений, а также динамическую стабильность окислительно-восстановительных процессов между коллоидами почвы и ее жидкой фазой [Микробное сообщество..., 2001; Kalembasa, Symanowicz, 2012; Козлов, Селицкая, 2015; Жербак, Ерема, Бахар, 2016]. При этом в круговороте углерода в почве ведущую роль играют ферменты из классов оксидоредуктаз и гидролаз, которые характеризуют окислительно-восстановительные условия в почве и определяют интенсивность процессов минерализации органических веществ [Использование биологических параметров..., 2010; Применение показателей ферментативной активности..., 2013; Влияние севооборотов..., 2013].

Вышесказанное определило цель наших исследований – изучить влияние высоких доз бентонитовой глины на активность гидролазных и оксидоредуктазных ферментов и плодородие дерново-подзолистой почвы.

## Материал и методы исследования

Объектами исследований являлись:

1. Дерново-подзолистая среднедерновая неглубокоподзоленная неоглеенная легкосуглинистая почва, образованная на покровном суглинке (по [Наумов, 2016] – тип дерново-элювозем типичный AY-EL-D(C)). Основные агрохимические характеристики почвы следующие: обменная кислотность ( $pH_{KCl}$ ) 4,8; гидролитическая кислотность ( $H_T$ ) 2,83 мг-экв./100 г; содержание  $C_{орг}$  (по Тюрину [см. Мамонтов, Гладков,

2015]) 0,7%, нитратной формы азота (по Кравкову [см. Минеев, 2001]) 4,9 мг/кг; подвижных соединений фосфора и калия (по Кирсанову [Там же]) 86 и 110 мг/кг соответственно; актуальных и потенциальных соединений кремния (по Матыченкову [Подвижные кремниевые соединения..., 2016]) 16 и 213 мг/кг; обменных соединений кальция и магния 5,10 и 1,17 мг-экв./100 г. Степень насыщенности почвы основаниями (Vs) составляла 69%.

2. Bentonитовая глина (Зырянское месторождение Курганской области). В составе породы доминируют кальциево-магниевый монтмориллонит (более 65%) и карбонаты щелочных и щелочноземельных металлов (более 10%) [Мосталыгина, Елизарова, Костин, 2010]. Валовой состав бентонита (от производителя – ООО «Бентонит Кургана») представлен следующими компонентами (%):  $\text{SiO}_2$  – 52,3,  $\text{CaO}$  – 5,50,  $\text{MgO}$  – 3,20,  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 0,12,  $\text{K}_2\text{O}$  – 0,92,  $\text{Na}_2\text{O}$  – 0,78,  $\text{SO}_3$  – 0,10,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 19,4,  $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$  – 6,91,  $\text{TiO}_2$  – 0,15, ППП (потеря при прокаливании) – 9,4; комплекс подвижных соединений включает (мг/кг):  $\text{SiO}_2$  – 10500,  $\text{Mg}^{2+}$  – 14,  $\text{Ca}^{2+}$  – 46,  $\text{Na}^+$  – 6,  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 165,  $\text{K}^+$  – 87; емкость катионного обмена – 80–150, коэффициент щелочности – 0,11.

Схема микрополевого опыта включала 4 варианта:

- 1) контроль (без внесения бентонитовой глины);
- 2) внесение в почву бентонитовой глины из расчета 3 т/га ( $\text{B}_1$ );
- 3) бентонитовая глина 6 т/га ( $\text{B}_2$ );
- 4) бентонитовая глина 12 т/га ( $\text{B}_3$ ).

Породу вносили в пахотный горизонт однократно в 2014 г.

Опыт проведен со строгим соблюдением методических требований по микрополевым исследованиям [Доспехов, 2011]. Учетная площадь делянки 1 м<sup>2</sup>, расположение их рендомизированное, повторность в опыте четырехкратная. Опытный участок располагался в Борском районе Нижегородской области на территории предприятия по разведению элитных сортов картофеля ООО «Элитхоз». В период проведения эксперимента выращивали сельскохозяйственные культуры: озимую пшеницу (*Triticum aestivum* L.) сорта *Московская 39* (2015 г.), ячмень (*Hordeum vulgare* L.) сорта *Велес* (2016 г.) и горох посевной (*Pisum sativum* L.) сорта *Чушминский 95* (2017 г.). Данные сорта районированы по Волго-Вятскому региону.

Агрохимические показатели почвы опытного участка определяли из высушенных образцов по общепринятым, в том числе стандартизированным методам [Минеев, 2001; Мамонтов, Гладков, 2015], отобранных в период закладки опыта, а также при отборе проб на биохимические анализы. Активность ферментов рассчитывали на абсолютно сухую почву.

Для определения ферментативной активности почвенные образцы отбирали непосредственно после уборки культур из гумусо-аккумулятивного (пахотного) горизонта равномерно с глубины 15 см и в свежем виде анализировали в течение 2–3 дней. Образцы отбирали методом конверта из пяти точек с делянки, соединяя их в один объединенный образец общей массой 1 кг. Погодные условия отбора проб почвы соответствовали среднеклиматическим нормам региона.

В отобранных образцах определяли активность основных ферментов из класса гидролаз и оксидоредуктаз [Хазиев, 2005]: протеазы (пептидилпептидгидролазы, код фермента по классификации Международного союза биохимии и молекулярной биологии – КФ 3.4.4) – спектрофотометрическим нингидриновым методом Галстяна и Арутюнян, инвертазы ( $\beta$ -D-фруктофуранозид-фруктогидролаза, КФ 3.2.1.26) – гравиметрическим методом Купревича и Щербаковой с реактивом Феллинга, целлюлазы ( $\beta$ -1,4-глюкан-глюкогидролаза, КФ 3.2.1.4) – спектрофотометрическим антроновым методом Багнюка и Щетинской, общей фосфатазы (фосфогидролазы моноэфиров ортофосфорной кислоты, КФ 3.1.3.1 и КФ 3.1.3.2) – спектрофотометрическим методом Галстяна с *n*-нитрофенилфосфатом Na, полифенолоксидазы (о-дифенол: кислород-оксидоредуктаза, КФ 1.10.3.1) и пероксидазы (донор:  $H_2O_2$ -оксидоредуктаза, КФ 1.11.1.7) – титриметрическими пирокатехиновыми методами Козлова, катазалы ( $H_2O_2$ :  $H_2O_2$ -оксидоредуктаза, КФ 1.11.1.6) – газометрическим методом Галстяна.

Аналитическая часть исследований выполнена на базе лабораторного комплекса «Эколого-аналитическая лаборатория мониторинга и защиты окружающей среды» и научно-образовательного центра «Биотехнология» Мининского университета в период 2014–2017 гг. Полученные данные обрабатывали методом вариационного анализа с применением программного пакета Excel 2007.

## Результаты исследования и их обсуждение

Данные таблицы 1 отражают изменения в ферментативной активности дерново-подзолистой почвы, происходившие под действием различных доз бентонитовой глины.

Применение бентонита не способствовало увеличению активности инвертаз почвы, отвечающих за разложение простых углеводистых веществ. Однако в отношении процесса биохимической деструкции клетчатки целлюлозолитическая ферментативная активность в почве под действием бентонитовой глины увеличивалась в наибольшей степени.



Таблица 1

**Активность ферментов в дерново-подзолистой почве  
в зависимости от дозы бентонитовой глины**  
[Enzyme activity in sod-podzolic soil  
depending on the dose of bentonite clay]

Вариант [Variant]	Динамика ферментативной активности по годам исследования [Dynamics of enzyme activity by year of research]						В среднем за 3 года [Average for 3 years]
	2015 г.		2016 г.		2017 г.		
	M ± m	V	M ± m	V	M ± m	V	
<b>Протеазная активность, мг глицина / 1 г почвы / 24 ч. [Protease activity, mg glycine / 1 g soil / 24 h.]</b>							
Контроль [Control]	2,12 ± 0,02	2	3,21 ± 0,04	2	3,96 ± 0,05	3	3,10
Б <sub>1</sub> , 3 т/га	3,39 ± 0,05	3	4,19 ± 0,03	1	5,06 ± 0,05	2	4,21
Б <sub>2</sub> , 6 т/га	4,81 ± 0,06	2	5,93 ± 0,05	2	7,20 ± 0,08	2	5,98
Б <sub>3</sub> , 12 т/га	3,50 ± 0,05	3	5,77 ± 0,06	2	7,44 ± 0,10	3	5,57
F <sub>f</sub>	482,10		1150,67		731,48		–
<b>Инвертазная активность, мг глюкозы / 1 г почвы / 24 ч. [Invertase activity, mg glucose / 1 g soil / 24 h.]</b>							
Контроль [Control]	8,66 ± 0,07	2	9,73 ± 0,06	1	9,89 ± 0,10	2	9,43
Б <sub>1</sub> , 3 т/га	8,72 ± 0,20	5	9,84 ± 0,10	2	9,99 ± 0,20	4	9,52
Б <sub>2</sub> , 6 т/га	8,81 ± 0,15	3	9,97 ± 0,11	2	10,15 ± 0,05	1	9,64
Б <sub>3</sub> , 12 т/га	8,84 ± 0,21	5	10,01 ± 0,25	5	10,24 ± 0,05	1	9,70
F <sub>f</sub>	0,26		0,96		1,66		–
<b>Целлюлазная активность, мкг глюкозы / 10 г почвы / 48 ч. [Cellulase activity, µg glucose / 10 g soil / 48 h.]</b>							
Контроль [Control]	16,4 ± 0,4	5	10,1 ± 0,4	7	9,6 ± 0,4	7	12,0
Б <sub>1</sub> , 3 т/га	36,6 ± 0,5	3	28,3 ± 0,5	4	15,7 ± 0,9	11	26,9
Б <sub>2</sub> , 6 т/га	39,0 ± 0,9	5	37,8 ± 0,5	3	23,0 ± 0,5	4	33,3
Б <sub>3</sub> , 12 т/га	40,2 ± 0,8	4	39,0 ± 0,6	3	26,5 ± 1,0	8	35,2
F <sub>f</sub>	426,43		780,48		147,93		–

Продолжение табл. 1

Вариант [Variant]	Динамика ферментативной активности по годам исследования [Dynamics of enzyme activity by year of research]						В среднем за 3 года [Average for 3 years]
	2015 г.		2016 г.		2017 г.		
	M ± m	V	M ± m	V	M ± m	V	
<b>Фосфатазная активность, мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / 1 г почвы / 30 мин</b> [Phosphatase activity, mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / 1 g soil / 30 min]							
Контроль [Control]	3,26 ± 0,12	7	5,07 ± 0,16	6	5,78 ± 0,12	4	4,70
Б <sub>1</sub> , 3 т/га	4,14 ± 0,09	4	7,22 ± 0,10	3	8,60 ± 0,15	3	6,65
Б <sub>2</sub> , 6 т/га	5,36 ± 0,10	4	9,90 ± 0,06	1	11,46 ± 0,09	2	8,91
Б <sub>3</sub> , 12 т/га	6,98 ± 0,12	3	12,53 ± 0,14	2	13,78 ± 0,23	3	11,10
F <sub>f</sub>	195,80		853,15		417,37		–
<b>Полифенолоксидазная активность, мл 0,01 Н раствора I<sub>2</sub> / 1 г почвы / 2 мин</b> [Polyphenol oxidase activity, ml of 0.01 N solution of I <sub>2</sub> / 1 g soil / 2 min]							
Контроль [Control]	4,14 ± 0,04	2	5,23 ± 0,04	1	5,01 ± 0,07	3	4,79
Б <sub>1</sub> , 3 т/га	4,40 ± 0,04	2	5,99 ± 0,06	2	6,29 ± 0,06	2	5,56
Б <sub>2</sub> , 6 т/га	4,56 ± 0,05	2	6,36 ± 0,15	5	6,81 ± 0,10	3	5,91
Б <sub>3</sub> , 12 т/га	4,61 ± 0,08	3	6,48 ± 0,09	3	7,17 ± 0,06	2	6,09
F <sub>f</sub>	14,64		34,33		125,68		–
<b>Пероксидазная активность, мл 0,01 Н раствора I<sub>2</sub> / 1 г почвы / 2 мин</b> [Peroxidase activity, ml of 0.01 N solution I <sub>2</sub> / 1 g soil / 2 min]							
Контроль [Control]	5,71 ± 0,10	4	6,12 ± 0,06	2	6,04 ± 0,06	2	5,96
Б <sub>1</sub> , 3 т/га	5,74 ± 0,13	4	6,14 ± 0,05	2	6,01 ± 0,07	2	5,96
Б <sub>2</sub> , 6 т/га	5,63 ± 0,14	5	5,91 ± 0,07	2	5,80 ± 0,07	3	5,78
Б <sub>3</sub> , 12 т/га	5,60 ± 0,13	5	5,80 ± 0,07	2	5,72 ± 0,08	3	5,71
F <sub>f</sub>	0,30		8,99		5,66		–

Окончание табл. 1

Вариант [Variant]	Динамика ферментативной активности по годам исследования [Dynamics of enzyme activity by year of research]						В среднем за 3 года [Average for 3 years]
	2015 г.		2016 г.		2017 г.		
	M ± m	V	M ± m	V	M ± m	V	
<b>Каталазная активность, мл O<sub>2</sub> / 1 г почвы / 1 мин</b> [Catalase activity, ml O <sub>2</sub> / 1 g soil / 1 min]							
Контроль [Control]	3,2 ± 0,1	5	2,6 ± 0,1	5	1,5 ± 0,1	9	2,4
Б <sub>1</sub> , 3 т/га	3,6 ± 0,1	4	3,0 ± 0,1	4	1,7 ± 0,1	6	2,8
Б <sub>2</sub> , 6 т/га	4,9 ± 0,2	8	3,4 ± 0,1	4	2,5 ± 0,1	6	3,6
Б <sub>3</sub> , 12 т/га	5,1 ± 0,1	3	4,0 ± 0,1	7	3,3 ± 0,1	4	4,1
F <sub>f</sub>	66,23		43,48		212,33		–

*Примечание.* Здесь и далее: M ± m – среднее арифметическое ± ошибка среднего значения; V – коэффициент вариации (%); F<sub>f</sub> – расчетный критерий Фишера в сравнении вариантов при статистическом уровне значимости p < 0,05; F<sub>t</sub> = 3,86 – теоретический критерий Фишера при η<sub>1</sub> = 3 и p < 0,05.

*Note.* Here and below: M ± m – arithmetic average ± mean error; V is the coefficient of variation (%); F<sub>f</sub> is the calculated Fisher criterion in the comparison of variants with a statistical significance level of p < 0.05; Ft = 3.86 is the theoretical Fisher criterion with η<sub>1</sub> = 3 and p < 0.05.

Высокое развитие целлюлазной активности в почве приходилось на 2-й год исследования, где при минимальной дозе материала показатель повышался в 2,8 раз, а при средней и максимальной дозах – в 3,7 и 3,9 раза соответственно. В целом за годы исследования целлюлазная активность под действием глины повышалась от слабого до среднего уровня.

По-видимому, столь существенное увеличение активности целлюлаза в почве было обусловлено привнесением в почвенный раствор с породой значительного количества мобильных минеральных веществ, в первую очередь – соединений кремния, калия и кальция, являющихся сопутствующим питательным субстратом микроорганизмов-гетеротрофов [Самсонова, 2005; Matichenkov, Vocharnikova, 2012].

Кроме того, велика вероятность оптимизации агрофизических свойств почвы под действием высоких доз глины [Агафонов, Хованский, 2014], что, как известно, способствует оптимизации условий обитания

микроорганизмов, адсорбированных на поверхности внутри почвенных агрегатов [Гарбуз, Ярославцева, Холодов, 2016].

Протеазная активность почвы также усиливалась под действием бентонита – в наибольшей степени в 1-й год исследования в варианте  $B_2$ . Пролонгированность действия материала сохранялась в течение всех трех лет, однако эффект в активизации протеолитического комплекса почвы со временем несколько снижался во всех вариантах за исключением варианта  $B_3$ . В среднем за три года активность протеаз в почве возрастала под действием породы от среднего до высокого уровня или на 36, 93 и 80% соответственно.

Действие бентонитовой глины на общую активность фосфатаз в почве повышалось в течение первых двух лет, поскольку в одном и том же варианте эффект показателя от дозы породы увеличивался ко 2-му году. В частности, если в 2015 г. в вариантах  $B_1$ ,  $B_2$  и  $B_3$  активность ферментов увеличивалась соответственно на 27, 64 и 114%, то в 2016 г. положительное действие оказалось еще сильнее: соответственно на 42, 95 и 147% по отношению к контролю.

Вполне вероятно, что для биохимической деградации вещества породы микроорганизмам-фосфатредуцентам необходимо активное выделение в среду фосфатазных ферментов [Kalembasa, Symanowicz, 2012; Заварзин, 2014].

Активность полифенолоксидаз и пероксидаз почвы в вариантах исследования изменялась взаимно обратно. Так, если полифенолоксидазная активность увеличивалась как от дозы бентонита, так и во времени его действия в каждом из вариантов (в среднем за 3 года соответственно на 16, 23 и 27%), то показатель пероксидазной активности в почве снижался до 2% в 1-й год и до 5% на 2-й и 3-й годы исследования.

Значительная вариабельность как уровня каталазной активности почвы по годам опыта, так и эффекта действия на нее вещества породы, очевидно, были обусловлены в том числе физиологическими особенностями корневой системы конкретного агрофитоценоза. В целом по опыту была отмечена активизация каталазы в почве под действием глины от слабого до среднего уровня, которая в среднем по 3-м годам увеличивалась на 50–71% соответственно от применения 6 и 12 т/га материала.

Описанная выше существенность действия бентонита на ферментативную активность дерново-подзолистой почвы, вероятно, была опосредованно обусловлена как значительным запасом питательных веществ во вносимом материале, наличием в его составе ионообменных соединений  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$ , оптимизирующих реакцию почвенной среды и агрегированность почвенных частиц, так и его минералогическим составом.

Поскольку глинистые минералы обладают каталитическими свойствами по отношению к процессам трансформации различных веществ [Рычагов, Соколов, Чернов, 2010], в условиях внесения породы в больших дозах ее действие в почве расценивается уже не столько с позиции удобрения, повышающего мобильный фонд питательных веществ, сколько с позиции мелиоранта, стабилизирующего минеральную часть почвы, а также динамику процессов в ее почвенно-поглощающем и почвенно-биотическом комплексах. В данном случае под стабилизацией твердой фазы дерново-подзолистой почвы понимается ее частичное восполнение минералами группы смектитов, обладающих высокой ионообменной емкостью, но эволюционно элювируемых из дневных горизонтов профиля за счет процессов подзолообразования и лессиважа [Чижикова, Прокашев, 2016]. Кроме того, взаимодействие бентонитовой глины с почвой сопровождается постепенным растворением карбонатов Ca, Mg и Na [Соколова, Толпешта, Топунова, 2013], в значительном количестве присутствующих в бентоните, что, в свою очередь, обуславливает нейтрализацию избыточной кислотности почвы и насыщение почвенного поглощающего комплекса (ППК) обменными основными катионами.

Как было ранее указано, биохимическая активность гидролазных и оксидоредуктазных ферментов вносит большой вклад в кинетику и интенсивность многих деструкционных и окислительно-восстановительных процессов в почвах. Вследствие чего внесение в почву различных удобрений, потенциально податливых к биохимическому разложению, способствует определенному сдвигу активности работы ферментов, что, в свою очередь, может изменять мобильный фонд элементов, необходимых для питания агрофитоценозов.

Применение бентонита способствовало оптимизации питательных свойств почвы в виде положительного действия на содержание подвижных соединений фосфора и калия, а также на ее нитрифицирующую способность и содержание в ней специфического органического вещества (табл. 2).

В опыте прослежено пролонгированное действие глинистого материала на содержание обменных форм калия в почве. В течение исследования эффект от влияния бентонитовой породы на показатель увеличивался во всех вариантах:  $B_1$  – с 4 до 28%,  $B_2$  – с 16 до 46%,  $B_3$  – с 19 до 42%.

В отношении содержания подвижных соединений фосфора в почве такая закономерность фиксировалась только в варианте с внесением в почву 3 т/га глины (с 14 до 22%). В среднем за три года влияние

бентонита на содержание мобильного калия и фосфатов в почве способствовало ее переходу из средней в повышенную группу по обеспеченности данными элементами питания, что является существенным положительным признаком, характеризующим удобрительную ценность бентонитовой глины.

Таблица 2

**Показатели плодородия дерново-подзолистой почвы  
в зависимости от дозы бентонитовой глины**

**[Fertility indicators of sod-podzolic soil depending  
on the dose of bentonite clay]**

Вариант [Variant]	Динамика показателя по годам исследования [Dynamics of the indicator by year of research]						В среднем за 3 года [Average for 3 years]
	2015 г.		2016 г.		2017 г.		
	M ± m	V	M ± m	V	M ± m	V	
<b>Содержание подвижных соединений фосфора, мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / кг почвы [Content of mobile phosphorus compounds, mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / kg of soil]</b>							
Контроль [Control]	90 ± 2	5	86 ± 1	3	81 ± 2	6	86
Б <sub>1</sub> , 3 т/га	103 ± 5	10	101 ± 2	4	99 ± 1	2	101
Б <sub>2</sub> , 6 т/га	121 ± 4	7	114 ± 2	4	102 ± 2	4	112
Б <sub>3</sub> , 12 т/ га	119 ± 2	3	106 ± 2	5	100 ± 4	8	108
F <sub>f</sub>	12,74		30,82		12,73		–
<b>Содержание обменных соединений калия, мг K<sub>2</sub>O / кг почвы [Content of exchangeable potassium compounds, mg K<sub>2</sub>O / kg of soil]</b>							
Контроль [Control]	107 ± 4	7	92 ± 2	3	89 ± 3	6	96
Б <sub>1</sub> , 3 т/га	111 ± 5	8	110 ± 3	6	114 ± 4	7	112
Б <sub>2</sub> , 6 т/га	124 ± 6	9	121 ± 2	3	130 ± 3	5	125
Б <sub>3</sub> , 12 т/ га	127 ± 6	10	124 ± 2	3	126 ± 3	5	126
F <sub>f</sub>	2,64		32,94		58,54		–

Окончание табл. 2

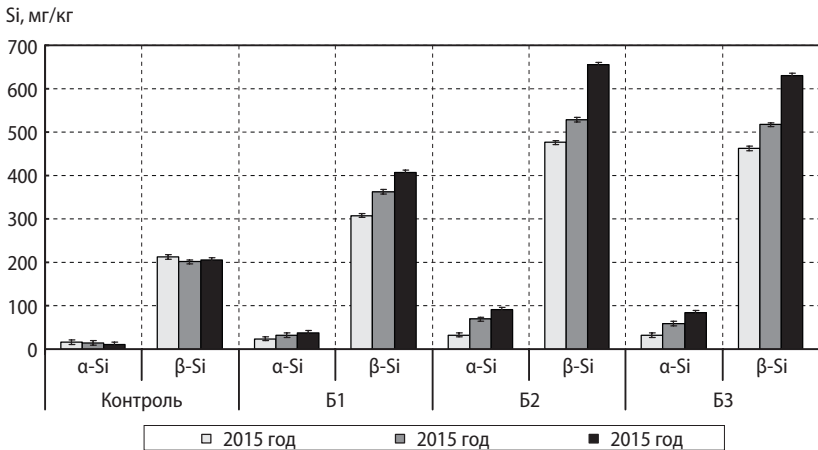
Вариант [Variant]	Динамика показателя по годам исследования [Dynamics of the indicator by year of research]						В среднем за 3 года [Average for 3 years]
	2015 г.		2016 г.		2017 г.		
	M ± m	V	M ± m	V	M ± m	V	
<b>Нитрифицирующая активность, мг NO<sub>3</sub> / кг почвы / 14 суток</b> [Nitrifying activity, mg NO <sub>3</sub> / kg of soil / 14 days]							
Контроль [Control]	5,2 ± 0,2	6	4,5 ± 0,2	9	5,6 ± 0,2	8	5,1
Б <sub>1</sub> , 3 т/га	6,9 ± 0,1	4	7,9 ± 0,2	5	8,4 ± 0,2	6	7,7
Б <sub>2</sub> , 6 т/га	7,8 ± 0,3	8	8,6 ± 0,2	6	9,5 ± 0,2	4	8,6
Б <sub>3</sub> , 12 т/га	6,5 ± 0,2	5	8,3 ± 0,1	3	9,9 ± 0,3	6	8,2
F <sub>f</sub>	23,39		80,80		55,47		–
<b>Содержание C<sub>орг</sub>, %</b> [Content of organic carbon, %]							
Контроль [Control]	0,70 ± 0,01	2	0,72 ± 0,01	2	0,71 ± 0,02	2	0,71
Б <sub>1</sub> , 3 т/га	0,71 ± 0,02	3	0,74 ± 0,02	2	0,73 ± 0,01	2	0,73
Б <sub>2</sub> , 6 т/га	0,73 ± 0,01	1	0,75 ± 0,01	1	0,74 ± 0,02	3	0,74
Б <sub>3</sub> , 12 т/га	0,74 ± 0,02	2	0,75 ± 0,01	2	0,74 ± 0,01	1	0,74
F <sub>f</sub>	6,66		4,18		6,37		–

Нитрифицирующая способность почвы под влиянием бентонитового материала также переходила из низкой в среднюю степень активности, его максимальное действие на показатель установлено на 2-й год (на 75, 91 и 84% соответственно по вариантам). В целом за три года наилучший эффект выявлен в варианте с внесением в почву 6 т/га породы, где увеличение показателя составило 69% по отношению к контролю.

Важно указать на стабилизирующее действие бентонита в отношении содержания углерода гумусовых веществ в почве: в опыте установлено слабое положительное действие материала на данный показатель. С учетом того, что опыт закладывался без внесения органических

удобрений, а испытуемая глина не является носителем органических компонентов, но содержит кальций в ионообменной растворимой форме, вполне вероятно, что при взаимодействии почвы с бентонитом происходит закрепление органического вещества в форме гуматов кальция, что, в свою очередь, сдерживает минерализацию гумусовых компонентов в почве [Perry, Keeling-Rucker, 2000].

Поскольку бентонитовая глина содержит в своем составе значительное количество кремния, в опыте прослежено изменение содержания в почве его подвижных соединений, происходящее под действием породы (рис. 1).



**Рис. 1.** Содержание актуальных ( $\alpha$ -Si) и потенциальных ( $\beta$ -Si) соединений кремния в почве в зависимости от дозы бентонитовой глины, 2015–2017 гг.

$F_{\alpha}$   $\alpha$ -форма/ $\beta$ -форма: 1-й год – 29,24/116,10; 2-й год – 158,11/1161,22; 3-й год – 326,49/775,34;  $F_{\alpha}$  = 3,86 – теоретический критерий Фишера при  $n_1 = 3$  и  $p < 0,05$

**Fig. 1.** Content of actual ( $\alpha$ -Si) and potential ( $\beta$ -Si) silicon compounds in the soil, depending on the dose of bentonite clay, 2015–2017

$F_{\beta}$   $\alpha$ -form /  $\beta$ -form: 1st year – 29.24 / 116.10; 2nd year – 158.11 / 1161.22; 3rd year – 326.49 / 775.34;  $F_{\beta}$  = 3.86 is the theoretical Fisher criterion with  $n_1 = 3$  and  $p < 0.05$

Установлено положительное пролонгированное влияние материала на содержание в почве обеих форм подвижного кремния. В частности, содержание актуальных соединений кремния (в виде монокремниевой кислоты), переходящих в водную вытяжку, в варианте  $B_1$  увеличилось от 50% в 2015 г. до 3,5 раз в 2017 г. по отношению к контрольным



значениям. Наибольшее действие на данный показатель бентонитовая глина оказала в варианте Б<sub>2</sub>, где увеличение содержания  $\alpha$ -Si относительно контроля по годам исследования составило 2,1, 4,9 и 8,3 раза соответственно.

Накопление в почве потенциальных форм кремния, переходящих в солянокислую вытяжку, имело аналогичный, но несколько сдержанный вид. В среднем за три года содержание  $\beta$ -Si в почве увеличивалось до 2,6–2,7 раз в вариантах Б<sub>2</sub> и Б<sub>3</sub> соответственно. Очевидно, что такой уровень увеличения обоих показателей был обусловлен привнесением в почву значительного количества аморфных силикатов, активно переходящих в почвенный раствор в виде монокремниевой кислоты и различных силикат-анионов, чему явно способствовала исходная избыточная кислотность почвы, а также биохимическая активность ее ферментов.

В целом за три года по обеспеченности доступными соединениями кремния под действием породы почва перешла из среднедефицитного уровня баланса в бездефицитный по  $\alpha$ -форме и из среднедефицитного уровня баланса в низкодефицитный по  $\beta$ -форме [Подвижные кремниевые соединения..., 2016].

## Выводы

1. Дерново-подзолистые малогумусированные почвы имеют относительно неблагоприятный питательный режим и низкий уровень ферментативной активности. Для оптимизации показателей эффективного плодородия дерново-подзолистых почв и активизации их ферментов необходимо применение материалов, обладающих комплексным удобрительным и мелиорирующим эффектом. Внесение высоких доз (от 3 до 12 т/га) бентонитовой глины в рассматриваемые почвы может способствовать увеличению ее биологической активности и улучшению питательных свойств пашни.

2. Применение бентонитовой глины на дерново-подзолистой почве способствовало увеличению ее протеазной (почти в 2 раза), целлюлазной и фосфатазной (более чем в 2 раза), а также полифенолоксидазной (на 27%) и каталазной (на 71%) ферментативной активности.

3. Внесение 6 т/га глинистого материала на 69% повышало нитрифицирующую активность почвы, а также увеличивало содержание в ней подвижных соединений фосфора и калия в равной степени на 30%. Содержание доступных форм кремния в почве от действия глины повышалось более чем в 4 раза по водорастворимой форме (монокремниевая кислота) и более чем в 2 раза – по кислоторастворимой форме.

Пролонгированное в течение 3-х лет взаимодействие породы с почвой способствовало сдерживанию минерализации органического вещества в ее пахотном слое.

4. Изучение рассматриваемого материала целесообразно продолжить, включая оценку баланса химических элементов в агроэкосистемах, а также контроль за изменением агрофизических, агрохимических и биологических свойств почв.

#### Библиографический список / References

Агафонов Е.В., Хованский М.В. Влияние бентонита на повышение плодородия чернозема обыкновенного // Почвоведение. 2014. № 5. С. 597–601. DOI: 10.7868/S0032180X14050025 [Agafonov E.V., Khovansky M.V. Influence of bentonite on increase in fertility of chernozem ordinary. *Soil Science*. 2014. № 5. Pp. 597–601. DOI: 10.7868/S0032180X14050025]

Бочарникова Е.А., Матыченков В.В., Матыченков И.В. Кремниевые удобрения и мелиоранты: история изучения, теория и практика применения // Агрохимия. 2011. № 7. С. 84–96. [Bocharnikova E.A., Matychenkov V.V., Matychenkov I.V. Silicon fertilizers and ameliorants: Studying history, theory and practice of application. *Agrochemistry*. 2011. № 7. Pp. 84–96.]

Васильева Н.Г. Оценка эффективности трепела как почвенного мелиоранта // Проблемы агрохимии и экологии. 2017. № 3. С. 24–30. [Vasilyeva N.G. Assessment of efficiency of bergmeal as soil ameliorant. *Problem of agrochemistry and ecology*. 2017. № 3. Pp. 24–30.]

Влияние севооборотов, промежуточных посевов и органических удобрений на ферментативную активность почвы и содержание гумуса в органическом земледелии / Марцинкявичене А., Богужас В., Балните С. и др. // Почвоведение. 2013. № 2. С. 219–225. DOI: 10.7868/S0032180X1302010X [Martsinkyavichene A., Boguzhas V., Balnite S., Pupalene R., Velichka R. Influence of crop rotations, intermediate crops and organic fertilizers on soil enzymatic activity and maintenance of humus in organic agriculture. *Soil Science*. 2013. № 2. Pp. 219–225. DOI: 10.7868/S0032180X1302010X]

Гаплаев М.Ш. Эффективность органических удобрений и цеолитов при выращивании свеклы столовой (*Beta vulgaris* L.) // Проблемы агрохимии и экологии. 2015. № 1. С. 37–41. [Gaplayev M.Sh. Efficiency of organic fertilizers and zeolites at cultivation of table beet (*Beta vulgaris* L.). *Problems of agrochemistry and ecology*. 2015. № 1. Pp. 37–41.]

Гарбуз С.А., Ярославцева Н.В., Холодов В.А. Ферментативная активность внутри и снаружи водоустойчивых агрегатов в почвах разного вида использования // Почвоведение. 2016. № 3. С. 398–407. DOI: 10.7868/S0032180X16030035 [Garbuz S.A., Yaroslavtseva N.V., Holodov V.A. Enzymatic activity in and outside of waterproof units in soils of different type use. *Soil Science*. 2016. № 3. Pp. 398–407. DOI: 10.7868/S0032180X16030035]

Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экология почв. Учение об экологических функциях почв. М., 2012. [Dobrovolskii G.V., Nikitin E.D. *Ekologiya pochv. Uchenie ob ekologicheskikh funktsiyakh pochv* [Ecology of soils. Doctrine about ecological functions of soils]. Moscow, 2012.]

Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 2011. [Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Technique of field experiment (with bases of statistical processing of researches results)]. Moscow, 2011.]

Жербак И.С., Ерема И.А., Бахар Ю.А. Влияние фунгицидов, фосфорной муки, кислотности почвы на интенсивность микоризации клематиса Тангутского // Социально-экологические технологии. 2016. № 3. С. 20–30. [Zherbak I.S., Erema I.A., Bahar Yu.A. Influence of fungicides, phosphoric flour, acidity of soil on intensity of mikorization of clematis Tangut. *Social and ecological technologies*. 2016. № 3. Pp. 20–30.]

Заварзин Г.А. Лекции по природоведческой микробиологии. М., 2014. [Zavarzin G.A. Lektzii po prirodovedcheskoi mikrobiologii [Lectures on naturalists' microbiology]. Moscow, 2014.]

Использование биологических параметров для оценки окультуренности серых лесных почв / Полякова Н.В., Платонычева Ю.Н., Володина Е.Н., Нарчев М.А. // Плодородие. 2010. № 4. С. 40–41. [Polyakova N.V., Platonychева Yu.N., Volodina E.N., Narchev M.A. Use of biological parameters for assessment of level culture of gray forest soils. *Fertility*. 2010. № 4. Pp. 40–41.]

Козлов А.В., Селицкая О.В. Значение микроорганизмов в поддержании устойчивости почв к воздействию антропогенных факторов // Вестник Мининского университета. 2015. № 3 (11). С. 27. [Kozlov A.V., Selitskaya O.V. Value of microorganisms in maintenance of soils resistance to influence of anthropogenic factors. *Vestnik of Minin University*. 2015. № 3 (11). P. 27.]

Куликова А.Х. Влияние высококремнистых пород как удобрений сельскохозяйственных культур на урожайность и качество продукции // Агрохимия. 2010. № 7. С. 18–25. [Kulikova A.H. Influence of high-siliceous breeds as fertilizers of crops on productivity and quality of products. *Agrochemistry*. 2010. № 7. Pp. 18–25.]

Лобода Б.П., Багдасаров В.Р., Фицура Д.Д. Влияние удобрения на основе цеолитсодержащих трепелов Хотынецкого месторождения на урожайность и качество картофеля // Агрохимия. 2014. № 3. С. 28–35. [Loboda B.P., Bagdasarov V.R., Fitsuro D.D. Influence of fertilizer on basis of zeolite bergmeals of the Hotynetsky field on productivity and quality of potatoes. *Agrochemistry*. 2014. № 3. Pp. 28–35.]

Мамонтов В.Г., Гладков А.А. Практикум по химии почв. М., 2015. [Mamontov V.G., Gladkov A.A. Praktikum po khimii pochv [Workshop of soils chemistry]. Moscow, 2015.]

Микробное сообщество и анализ почвенно-микробиологических процессов в дерново-подзолистой почве / Кутузова Р.С., Сирота Л.Б., Орлова О.В., Воробьев Н.И. // Почвоведение. 2001. № 3. С. 320–332. [Kutuzova R.S., Sirota L.B., Orlova O.V., Vorobyov N.I. Microbic community and analysis of soil and microbiological processes in cespitose-podsolic soil. *Soil Science*. 2001. № 3. Pp. 320–332.]

Минеев В.Г. Практикум по агрохимии. М., 2001. [Mineev V.G. Praktikum po agrokhimii [Workshop on agrochemistry]. Moscow, 2001.]

Мостальгина Л.В., Елизарова С.Н., Костин А.В. Bentonитовые глины Зауралья: экология и здоровье человека. Курган, 2010. [Mostalygina L.V., Elizarova S.N., Kostin A.V. Bentonitovye gliny Zaural'ya: ekologiya i zdorov'e cheloveka [Bentonite clays of the Trans-Ural region: Ecology and human health]. Kurgan, 2010.]

Наумов В.Д. География почв. Почвы России. М., 2016. [Naumov V.D. Geografiya pochv. Pochvy Rossii [Geography of soils. Soils of Russia]. Moscow, 2016.]

Подвижные кремниевые соединения в системе почва–растение и методы их определения / Матыченков И.В., Хомяков Д.М., Пахненко Е.П. и др. // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2016. № 3. С. 37–46. [Matychenkov I.V., Homyakov D.M., Pakhnenko E.P., Vocharnikova E.A., Matychenkov V.V. Mobile silicon connections in system soil–plant and methods of their definition. *Bulletin of Moscow University. Series 17. Soil Science*. 2016. № 3. Pp. 37–46.]

Применение показателей ферментативной активности при оценке состояния почв под сельскохозяйственными угодьями / Даденко Е.В., Прудникова М.А., Казеев К.Ш., Колесников С.И. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3 (4). С. 1274–1277. [Dadenko E.V., Prudnikova M.A., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Application of enzymatic activity indicators at assessment of soils condition under agricultural grounds. *News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2013. Vol. 15. № 3 (4). Pp. 1274–1277.]

Рычагов С.Н., Соколов В.Н., Чернов М.С. Гидротермальные глины как высокодинамичная коллоидно-дисперсная минералого-геохимическая система // Доклады Академии наук. 2010. Т. 435. № 6. С. 806–809. [Rychagov S.N., Sokolov V.N., Chernov M.S. Hydrothermal clays as high-dynamic colloid-dispersion mineral-geochemical system. *Reports of Sciences Academy*. 2010. Vol. 435. № 6. Pp. 806–809.]

Самсонова Н.Е. Роль кремния в формировании фосфатного режима дерново-подзолистых почв // Агрохимия. 2005. № 8. С. 11–18. [Samsonova N.E. Silicon role in formation of phosphatic mode of cespitose-podsolic soils. *Agrochemistry*. 2005. № 8. Pp. 11–18.]

Соколова Т.А., Толпешта И.И., Топунова И.В. Изменение бентонита в торфянисто-подзолисто-глеевой почве в условиях модельного полевого опыта // Вестник Московского Университета. Серия 17. Почвоведение. 2013. № 3. С. 8–18. [Sokolova T.A., Tolpeshta I.I., Topunova I.V. Change of bentonite in peaty-podsolic-gley soil in conditions of model field experiment. *Bulletin of Moscow University. Series 17. Soil Science*. 2013. № 3. Pp. 8–18.]

Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М., 2005. [Khaziev F.Kh. Metody pochvennoy enzimologii [Methods of soil enzymology]. Moscow, 2005.]

Чижикова Н.П., Прокашев А.М. Минералогический состав тонкодисперсных фракций (<1, 1–5, 5–10 мкм) агродерново-подзолистых почв со сложным органомпрофилем в Вятском Прикамье // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2016. Вып. 84. С. 10–28. DOI: 10.19047/0136-1694-2016-84-10-28 [Chizhikova N.P., Prokashev A.M. Mineralogical structure of fine fractions (<1, 1–5, 5–10 microns) agrocospitose-podsolic soils with difficult organic profile in the Vyatka Prikamye. *Bulletin of Dokuchayev Soil Institute*. 2016. Issue 84. Pp. 10–28. DOI: 10.19047/0136-1694-2016-84-10-28]

Шеуджен А.Х., Шхапацев А.К., Бочко Т.Ф. Влияние цеолитов на агрохимические показатели плодородия лугово-черноземной почвы и урожайность риса // Агрохимия. 2002. № 8. С. 14–20. [Sheudzhen A.H., Shkhatpatsev A.K., Bochko T.F. Influence of zeolites on agrochemical indicators of meadow-chernozem fertility soil and productivity of rice. *Agrochemistry*. 2002. № 8. Pp. 14–20.]

Экология микроорганизмов / Под ред. А.И. Нетрусова. М., 2015. [Ekologiya mikroorganizmov [Ecology of microorganisms]. A.I. Netrusova (ed.). Moscow, 2015.]

Эффективность природного высококремнистого цеолита при выращивании кукурузы в условиях западной части Центрального Нечерноземья / Самсонова Н.Е.,

Козлов Ю.В., Капустина М.В. и др. // *Агрохимия*. 2016. № 3. С. 23–31. [Samsonova N.E., Kozlov Yu.V., Kapustina M.V., Denisova I.I., Antonova N.A., Shupinskaya I.A. Efficiency of natural high-siliceous zeolite at cultivation of corn in conditions of western part of Central Non-Black Earth Region. *Agrochemistry*. 2016. № 3. Pp. 23–31.]

Bowles T.M., Acosta-Martinez V., Calderon F., Jackson L.E. Soil enzyme activities, microbial communities, and carbon and nitrogen availability in organic agroecosystems across an intensively-managed agricultural landscape. *Soil Biology and Biochemistry*. 2014. Vol. 68. № 1. Pp. 252–262. DOI: 10.1016/j.soilbio.2013.10.004.

Kalembasa S., Symanowicz B. Enzymatic activity of soil after applying various waste organic matter, ash and mineral fertilizers. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2012. Vol. 21 (6). Pp. 1635–1641.

Matichenkov V.V., Bocharnikova E.A. Influence of plant association on the silicon cycle in the soil-plant system. *Applied Ecology and Environmental Research*. 2012. Vol. 10 (4). Pp. 547–560.

Perry C.C., Keeling-Rucker T. Biosilicification: The role of the organic matrix in structure control. *Journal of Biological Inorganic Chemistry*. 2000. Vol. 5. Pp. 537–550. DOI: 10.1007/s007750000130.

Pirzad A., Mohammadzadeh S. Zeolite use efficiency variation under water deficit stress in grass pea and lentil. *Journal of Siberian Federal University. Series: Biology*. 2016. № 9 (3). Pp. 291–303. DOI: 10.17516/1997-1389-2016-9-3-291-303.

Статья поступила в редакцию 14.12.2018, принята к публикации 17.01.2019  
The article was received on 14.12.2018, accepted for publication 17.01.2019

#### Сведения об авторах / About the authors

**Козлов Андрей Владимирович** – кандидат биологических наук; доцент кафедры экологического образования и рационального природопользования, руководитель лабораторного комплекса «Эколого-аналитическая лаборатория мониторинга и защиты окружающей среды» факультета естественных, математических и компьютерных наук, Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина

**Kozlov Andrey V.** – PhD in Biology; associate professor at the Department of Ecological Education and Rational Environmental Management; head at the Laboratory Complex «Ecology-Analytical Laboratory of Monitoring and Environment Protection» of the Faculty of Natural, Mathematical and Computer Sciences, Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3034-6566>

E-mail: [a\\_v\\_kozlov@mail.ru](mailto:a_v_kozlov@mail.ru)

**Куликова Алевтина Христофоровна** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; заведующий кафедрой почвоведения, агрохимии и агроэкологии факультета агротехнологий, земельных ресурсов и пищевых производств, Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина

**Kulikova Alevtina N.** – Dr. Agric. Hab.; head at the Department of Soil Science, Agrochemistry and Agroecology of the Faculty of Agrotechnologies, Land Resources and Food Productions, Stolypin Ulyanovsk State Agricultural University

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7327-3742>

E-mail: [agroec@yandex.ru](mailto:agroec@yandex.ru)

**Селицкая Ольга Валентиновна** – кандидат биологических наук, доцент; заведующий кафедрой микробиологии и иммунологии факультета почвоведения, агрохимии и экологии, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева

**Selitskaya Olga V.** – PhD in Biology; head at the Department of Microbiology and Immunology of the Faculty of Soil Science, Agrochemistry and Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

E-mail: selitskayaolga@gmail.com

**Уромова Ирина Павловна** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент; профессор кафедры биологии, химии и биолого-химического образования, руководитель научно-образовательного центра «Биотехнология» факультета естественных, математических и компьютерных наук, Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина; заведующий лабораторией биотехнологии, ООО «Элитхоз», г. Бор Нижегородской обл.

**Uromova Irina P.** – Dr. Agric. Hab.; professor at the Department of Biology, Chemistry and Biological and Chemical Education, head at the Scientific and Educational Center «Biotechnology» of the Faculty of Natural, Mathematical and Computer Sciences, Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University; head at the Biotechnology Laboratory, Elitkhoz Ltd, Nizhny Novgorod Region

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1000-3603>

E-mail: uromova2012@yandex.ru

Заявленный вклад авторов

**А.В. Козлов** – общее руководство направлением исследования, планирование исследования, организация и участие в проведении полевых и лабораторных экспериментов, анализ первичных данных, участие в подготовке текста статьи

**А.Х. Куликова** – анализ текущего состояния исследования, анализ первичных данных, участие в подготовке текста статьи

**О.В. Селицкая** – консультации в области почвенной микробиологии и биохимии, анализ первичных данных, участие в подготовке текста статьи

**И.П. Уромова** – организация и проведение полевых экспериментов, участие в подготовке текста статьи

Contribution of the authors

**A.V. Kozlov** – general direction of research, planning of research, organization and participation in carrying out field and laboratory experiments, analysis of primary data, participation in the preparation of the text of the article

**A.H. Kulikova** – analysis of the current state of research, analysis of primary data, participation in the preparation of the text of the article

**O.V. Selitskaya** – consultations in the field of soil microbiology and biochemistry, analysis of primary data, participation in preparation of the text of the article

**I.P. Uromova** – organization and carrying out field experiments, participation in the preparation of the text of the article

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи  
All authors have read and approved the final manuscript

DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-1-79-95

**С.В. Левыкин, Г.В. Казачков, В.П. Чибилёва**Институт степи Уральского отделения Российской академии наук,  
460000 г. Оренбург, Российская Федерация

## К потенциалу опережающего развития степей России

Рассматривается потенциал опережающего развития степей России. Существующее степное землепользование рассматривается как результат четырех мегапроектов: «Сталинский план преобразования природы», Целина, радикальные реформы 1990-х гг., вступление России в ВТО. Устойчивым идейным наследием этих взаимоисключающих и незавершенных проектов стали: крайне затрудненное изменение вида использования для пахотных угодий, приоритет компенсационного лесопользования в лесодефицитных регионах, запрет травопольной системы земледелия, идеализация роли полезащитных лесных полос и водохранилищ, недооценка эколого-экономических услуг степей, прежде всего по депонированию углерода. Показанным потенциалом опережающего развития степной зоны, естественными, историческими и научными предпосылками к его реализации обосновывается необходимость разработки и реализации национального проекта с условным названием «Степи России: урожайность, диверсификация землепользования, стабильная продуктивность, экологическая реабилитация», излагаются основы его программы. Степеведение рассматривается в качестве центра конвергенции наук для разработки и реализации такого проекта. Суть проекта – в приведении структуры сельскохозяйственных угодий и степного землепользования в соответствие природным предпосылкам с достижением долговременного неистощительного использования и принципиальным повышением погектарного выхода продукции. Основные составляющие проекта: равноправие природных зон в аграрной политике, корректировка обязательств перед ВТО по поддержке земледелия, новое степное землеустройство, интенсивные технологии полеводства, мраморное мясо адаптивных пород скота и ранчеводство, депонирование углерода, степной ревайлдинг, степной экотуризм.

**Ключевые слова:** степной национальный проект, природоподобные технологии, опережающее развитие, степной потенциал.

**Благодарности:** Статья подготовлена по теме НИР Института степи УрО РАН: «Степи России: ландшафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды», № ГР АААА-А17-117012610022-5.

ССЫЛКА НА СТАТЬЮ: Левыкин С.В., Казачков Г.В., Чибилёва В.П. К потенциалу опережающего развития степей России // Социально-экологические технологии. 2019. Т. 9. № 1. С. 79–95. DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-1-79-95.

Problem article

DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-1-79-95

**S.V. Levykin, G.V. Kazachkov, V.P. Chibilyova**

Institute of Steppe, Ural Branch of Russian Academy of Sciences,  
Orenburg, 460000, Russian Federation

## To the potential of advancing development of the steppes of Russia

The article is devoted to the potential of advanced development of the steppes of Russia. The existing steppe land-use is considered as the result of four megaprojects: "Stalin's plan for the transformation of nature", Tselina, radical reforms of the 1990s, and Russia's accession to the WTO. The sustainable ideological legacy of these mutually exclusive and unfinished projects were: extremely difficult to change the type of use for arable land, priority of compensatory forest use in forest-deficient regions, prohibition of grassland farming systems, idealization of the role of shelter forests and reservoirs, underestimation of ecological-economic services by steppes, especially carbon deposition. The described potential of advancing development of the steppe zone, as well as its natural, historical and scientific prerequisites for its implementation justify the need to develop and implement a national project entitled "Russia's Steppes: Yield, Diversification of Land Use, Stable Productivity, Environmental Rehabilitation" / The article outlines the basics of its



program. The study of steppe is considered as a center of convergence of sciences for the development and implementation of such a project. The essence of the project is to bring the structure of agricultural land and steppe land use into compliance with the natural prerequisites with the achievement of long-term non-destructive use and a fundamental increase in hectare output. The main components of the project are: equal rights of natural zones in the agrarian policy, adjustment of WTO obligations to support agriculture, new steppe land management, intensive field crops technologies, marbled meat of adaptive cattle breeds and ranching, carbon deposition, steppe reviling, steppe ecotourism.

**Key words:** steppe national project, nature-like technologies, advancing development, steppe potential.

**Acknowledgments:** The article has been prepared on the subject of research at the Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences: "Russia's Steppes: Landscape-Ecological Basics of Sustainable Development, Justification of Nature-Like Technologies under the Conditions of Natural and Anthropogenic Environmental Changes", no. GR AAAA-A17-117012610022-5.

CITATION: Levykin S.V., Kazachkov G.V., Chibilyova V.P. To the potential of advancing development of the steppes of Russia. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2019. Vol. 9. № 1. Pp. 79–95. (In Russ.) DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-1-79-95.

## Введение

Степи России имеют исключительно важное стратегическое историко-культурное, социальное, продовольственное и природоохранное значение, которое в XXI в. будет только возрастать. Степное пространство со сложной и противоречивой историей пережило ряд массовых распахов с вовлечением малопродуктивных и склоновых земель и послужило ареной двух целенаправленных трансформистских мегапроектов, связанных с «Планом преобразования природы» (1948–1953) и освоением Целины (1954–1963). В дополнение ландшафтно-структурных последствий этих проектов в 1990-е гг. была проведена реформа земельных отношений, распределившая сельхозугодья на паи в их позднесоветской структуре без права корректировки [О регулировании земельных..., 1993]. К концу XX в. все три проекта, оставшиеся в той или иной степени незавершенными, взаимно дополняя друг друга, сформировали современный комплекс проблем степного природопользования. Основной проблемой была и остается экстенсивная парадигма земледелия,

вследствие которой степное землепользование характеризуется низкой урожайностью зерновых и кризисным состоянием ландшафтно-биологического разнообразия степей, взаимно обуславливающими друг друга [Чибилёв, Левыкин, Казачков, 2012].

### Обсуждение

Ситуация в степном землепользовании осложняется несвязанной поддержкой земледелия, действующей вследствие вступления России в ВТО в 2012 г. По сути, членство в этой организации должно способствовать технологическому прогрессу в сельском хозяйстве и развитию т.н. агроэкологической «зеленой корзины», но Россия вступила в ВТО с нерешенными с советского времени основными агроэкологическими проблемами степей, которые, как ни парадоксально, это членство только усугубило. В рамках Государственной программы на 2013–2020 гг. большая часть мер поддержки технологических затрат заменена выплатами, не связанными с производственными показателями в расчете на 1 га посевных площадей: т.н. «несвязанной поддержкой». При этом формула расчета субсидии такова, что чем меньше плодородие, тем выше субсидия на 1 га. Замена поддержки технологических расходов на погектарные, с одной стороны, еще раз жестко фиксирует посевные площади, на этот раз экономически вплоть до возвращения субсидий при их сокращении, с другой – действует уравнилельно, не способствуя не только повышению плодородия почв, но и технологическому развитию. Такой подход в целом напоминает позднесоветский патернализм и дискриминирует технологическую модернизацию. Хотя известно, что эти субсидии небольшие, вероятно, в данной социально-экономической ситуации лучше получить хоть что-то, чем ничего, особенно для отсталых хозяйств, расположенных в неблагоприятных условиях. Смена специализации, в т.ч. на животноводческую, требует единовременных несопоставимо более крупных затрат, в т.ч. погектарных. Таким образом, в целом членство России в ВТО на данный момент неблагоприятно для сохранения и восстановления степей на сельхозугодьях с развитием на них адаптивного животноводства [Злочевский, Корбут, 2014].

Пока ситуация складывается не в пользу преодоления низкой урожайности и порожденной ею неадекватной времени потребности в угодьях. На фоне ужесточения требований к целевому использованию пахотных земель, введенных в оборот еще в советское время, вплоть до штрафов за наличие степных растений на необрабатываемых полях, в том числе краснокнижных [Оренбургский аграрий заплатит..., 2018; Сорняки

на поле..., 2018], развивается массовая распашка залежей. Конъюнктура спроса на продовольствие на международных рынках диктует стремительное развитие наиболее трансформирующих ландшафт сельскохозяйственных технологий выращивания небольшого ряда монокультур, прежде всего пшеницы и подсолнечника. Ежегодно растут посевные площади под подсолнечником за счет интенсивной распашки старозалежных земель, в т.ч. в подзоне каштановых почв на постцелинном пространстве. При этом адаптивное животноводство без должной государственной поддержки остается убыточным, что сопровождается утратой традиций мясного животноводства.

На этом фоне разработан проект закона «О производстве органической продукции», призванного стимулировать развитие производства органической сельскохозяйственной продукции, в том числе земледельческой, на экспорт, используя в качестве территориальной основы 28 млн га неиспользуемых земель, накопивших естественное плодородие и не требующих конверсионного переосвоения. С позиций степеведения такой проект выглядит как новый целинный. Одновременно в Минсельхозе РФ разработана концепция устойчивого развития мясного скотоводства в Российской Федерации до 2030 г., которая, помимо приоритета крупных откормочных площадок, предполагает развитие сегмента «корова–теленки» с привлечением личных подсобных и крестьянско-фермерских хозяйств, т.е. сегмента, который будет способствовать востребованности сенокосно-пастбищных угодий и снижению техногенной нагрузки на агроландшафт [Проект концепции устойчивого развития..., 2017]. Похожая программа разработана и в Казахстане [Национальная программа развития..., 2018].

На постцелинном пространстве, в основном в подзоне южной степи, пока еще протекают процессы самореабилитации залежей во вторичные степные экосистемы, которые требуют комплексного изучения как природоохранные и кормовые угодья, основной объект приложения природоподобных технологий [Проблемы восстановления..., 2013; Новые лессингоковыльные степи..., 2016]. Констатируя основные институциональные проблемы степного землепользования, нельзя не отметить, что на фоне их долговременной нерешенности наблюдаются первые предвестники пыльных бурь в виде активизации эоловых процессов в январе 2018 г. в Оренбуржье. Снесенный сильным ветром, в том числе с распаханых залежных земель, мелкозем в Оренбургском Предуралье переотложился у лесополос слоем до 80 см. В то же время целинные и вторичные степи полностью выдержали удар ветровой стихии в тех же условиях бесснежья.

Итак, современное степное природопользование представляет собой своего рода палимпсест незавершенных мегапроектов: «Сталинского плана преобразования природы» (1948–1953), целины (1954–1963), экономических реформ 1990-х гг., вступления России в ВТО, – к которому прилагается ужесточение требований к целевому использованию сельхозугодий, законодательные проекты развития органического земледелия и мясного животноводства. И все это на фоне приоритетов социального государства, требующего доступность продуктов питания и благоприятной среды обитания, в нашем случае – агроэкологической.

В качестве практических последствий череды взаимоисключающих мегапроектов значимы: наиболее тщательная по сравнению с любой природной зоной распашка степей, деградация полесозащитных лесонасаждений, вырождение и распашка многолетних трав, несвязанная поддержка земледелия, проблема технологического перевооружения земледелия, процессы самовосстановления степных экосистем [Новые лессингоковыльные степи..., 2016]. В качестве идейных последствий заслуживают наибольшего внимания: крайне затрудненное изменение вида использования для пахотных угодий, приоритет компенсационного лесопользования в лесодефицитных регионах, запрет травопольной системы земледелия, идеализация роли полесозащитных лесных полос и водохранилищ, недооценка эколого-экономических услуг степей, прежде всего по депонированию углерода.

Пока многофакторная описанная выше система в условиях климатических колебаний и учащения засух способствует производству низкокласной пшеницы, затоваривающей рынок фуражного зерна, и постоянному росту зернового экспорта при принципиальном недостатке внесения органических и минеральных удобрений, что усугубляет почвозатратность земледелия. При этом свыше 70% производимых в стране минеральных удобрений направляется на экспорт [Экспорт..., 2018].

Изучение истории степного землепользования наталкивает на мысль о том, что пахотная обреченность степей обусловлена не только неоспоримыми природными предпосылками, такими как равнинность и плодородие почв, но и целой системой предубеждений и предрассудков в отношении главных символов степей, доставшейся в наследство от далекого прошлого. Например, ковыль ассоциировался с горем и скорбью, т.к. активно развивался на вытоптаных полях сражений, и это не могло не вызвать подсознательное стремление заменить его.

Сегодня определяющее политическое и социально-экономическое значение имеют федеральные документы стратегического планирования, среди которых отметим «Стратегию устойчивого развития сельских

территорий Российской Федерации на срок до 2030 года» [Стратегия устойчивого развития..., 2015] и «Изменения в основы государственной политики использования земельного фонда» [Изменения..., 2014]. С одной стороны, эти документы в полной мере декларируют агроэкологические и природоохранные приоритеты, в т.ч. сохранение и восстановление ландшафтно-биологического разнообразия, но в то же время ставят одним из главных приоритетов повторное освоение неиспользуемых земель и противодействие выбытию сельхозугодий. Считаем, что эти документы нуждаются в доработке и дальнейшем развитии, т.к., с одной стороны, приоритет восстановления сельского хозяйства, и прежде всего пахотных угодий, в Нечерноземье достаточно обоснован, а с другой – тот же приоритет для степной зоны, где речь идет в основном о выбывших малопродуктивных землях, нуждается в экспертной корректировке на региональном уровне.

Таким образом, потенциал опережающего развития степной зоны заключается в резерве роста фактической урожайности зерновых при одновременном увеличении сенокосно-пастбищных угодий за счет консервации и самоконсервации малопродуктивных пашен с целью развития на них адаптивных форм мясного животноводства, создания ООПТ новационных форм, развития степного ревайлдинга. В случае освоения этого потенциала возможен положительный прогноз интенсивного технологического развития, в т.ч. зернопроизводственных и природоподобных технологий, что позволяет рассматривать этот потенциал как территориальную базу опережающего развития. Идейная сущность трактовки этого потенциала заключается в территориально-технологической поляризации: выходе из почвозатратного экстенсивного земпользования к двум полюсам землепользования. Первый полюс – это пахотные угодья на лучших землях под полеводством на основе передовых технологий. Второй полюс – это максимальная дифференциация остальных земель с приоритетами пастбищных технологий животноводства, степного ревайлдинга, степного ранчеводства.

К настоящему времени обоснованы весомые естественные и исторические предпосылки для реализации этого потенциала. Нельзя не упомянуть того, что Россия по праву считается родиной первых научных концепций рационального землепользования, начиная от А.Т. Болотова, Н.В. Комова и В.В. Докучаева и до современных аграрных и степеведческих научных школ [Компанеев, 1971]. Также нельзя не отметить, что проблема степного землепользования была одной из самых актуальных в конце советского времени, а в первые постсоветские годы трактовалась как унаследованная проблема, требующая приоритетных

структурных преобразований. Однако своевременной реализации таких приоритетов помешали как финансовые проблемы того времени, так и недостаток политического ресурса, т.к. это не было первоочередным социальным заказом, на первый план выходили другие социально-экономические проблемы. В результате вместо экспертно обоснованной оптимизации структуры сельхозугодий имел место упадок всего сельского хозяйства бывшего СССР. Безусловно, огромные масштабы сворачивания сельскохозяйственной деятельности и предопределили современные государственные приоритеты восстановления площадей пахотных земель.

Однако путь от трансформизма к сосуществованию со степью вполне осуществим, и для этого уже имеется определенный задел. Существенные успехи по сохранению степных экосистем были достигнуты в результате проектов Глобального экологического фонда «Сохранение биоразнообразия в России» (1997–2003) и «Совершенствование системы и механизмов управления ООПТ в степном биоме России» (2010–2016). Безусловной актуальностью решаемых задач можно объяснить и создание в Оренбурге в сложные 1990-е гг. Института степи Уральского отделения РАН, где сформировалась Оренбургская школа степеведения А.А. Чибилёва, фундаментально подкрепленная международными симпозиумами «Степи Северной Евразии», ставшими традиционными. Оптимизация степного природопользования, по мнению ведущих экспертов-степеведов, неоднократно отраженном в резолюциях симпозиумов, полностью соответствует пункту 6 «рациональное природопользование» перечня приоритетных направлений развития науки, технологий и техники Российской Федерации [Об утверждении приоритетных..., 2011].

В связи с перспективами реализации потенциала опережающего развития степных регионов России особую актуальность приобретает дальнейшее развитие степеведения в направлении усиления его практического и технологического значения для построения устойчивого землепользования на принципах природосообразности и территориально-технологической поляризации. Решая подобные задачи, степеведение может выступить в качестве центра конвергенции наук по проблематике степей как одной из критических территорий России. Степеведение стояло у истоков разработки фундаментальной отечественной системы мер по борьбе с засухой и неурожаями в степной зоне, включающей посадку защитных лесополос, создание прудов и водохранилищ [Докучаев, 1936]. В качестве перспективной задачи было поставлено

нахождение оптимального соотношения поля, леса и луга, и мы согласны с тем, что именно это положение является ведущим условием построения устойчивых степных агроландшафтов [Чибилёв, 1992].

Благодаря российскому степеведению удалось научно обосновать актуальность и важность сохранения последних уцелевших участков степей, поэтому сегодня оно вполне имеет право выступить в качестве центра конвергенции по проблематике рационального непахотного использования малопродуктивных земель степной зоны на основе экологической оптимизации степных ландшафтов [Чибилёв, 1992]. В качестве положительного опыта можно рассмотреть опережающее развитие конвергентного конструктивного подхода в Северной Америке, демонстрирующее положительные результаты [Redford, Fearn, 2007; Kurtz, 2013; Левыкин, Казачков, 2014].

Фундаментальные научные основы оптимизации степного природопользования, имеющие уже вековую историю развития, остаются крайне актуальными и нуждаются в дополнении системой природоподобных технологий непахотного использования угодий. Эта система составит конвергентную область практики, которую предлагаем называть «конструктивное степеводство» – диверсифицированное использование степных экосистем. В России разработаны, апробированы и ждут широкого внедрения технологии степного травосеяния и методы агростепи [Вильямс, 1941; Дзыбов, 2010; Всероссийский научно-исследовательский..., 2014]. Идет активное сближение позиций степеведения и лесоводства по ключевым вопросам создания лесомелиоративных каркасов в степной зоне [Агролесомелиорация..., 2015]. Отработаны технологии адаптивного мясного животноводства [Мясное скотоводство и перспективы..., 2000]. Распространяется ревайлдинг – новейшая природоохранная идеология, основанная на разработке технологий восстановления высоко продуктивных экосистем путем возвращения в них крупных животных, т.н. видов-инженеров [Козорез, 2014]. В качестве частного примера степеподобных технологий вполне можно привести бизоноводство, показавшее себя рентабельной отраслью, способной к стремительному росту [Левыкин, Казачков, 2014], к этому же ряду можно отнести технологии комплексного степного землепользования в виде организации конно-сурковых охотничьих хозяйств [Экология сурка..., 1935].

Принципиальным вопросом в осуществлении территориально-технологической поляризации является смягчение либо ликвидация требований и условий, порождающих приоритет экстенсивного почвозатратного земледелия. Необходимо институционально осуществить

своеобразный «дефицит» и особую ценность земельных и территориальных ресурсов, максимально переключиться на все виды поддержки интенсификации технологий.

Наше мнение совпадает с мнением президента и вице-президента Российского зернового союза, считающих, что основной упор реальной государственной поддержки должен быть переориентирован с площадной погектарной на компенсацию производственных затрат, фактически на единицу продукции. Ими же констатируется необходимость отсечения от основной поддержки тех хозяйств, которые практикуют упрощенные технологии, с выплатой им символической погектарной субсидии во избежание опротестования на основе норм ВТО, а основные средства поддержки направлять на поддержку интенсивных технологий [Злочевский, Корбут, 2014].

Также имеет смысл обсудить региональную дифференциацию требований к целевому использованию сельхозугодий и земельного налогообложения в соответствии с уровнем падения сельского хозяйства и реальной угрозой выбывания сельхозугодий в случае неиспользования. Речь идет о возможной разработке и реализации национального проекта возрождения сельской местности в историческом центре России (Центральный регион, лесная зона), в рамках которого целесообразно полностью снять земельный налог с сельхозтоваропроизводителя и принципиально усилить господдержку переосвоения 7–8 млн га бывших пахотных земель, активно зарастающих мелколесьем. При этом в явно перепаханной по всем экологическим и нравственным показателям степной зоне целесообразен институт искусственного дефицита пашни, создаваемый путем земельного налогообложения и, соответственно, налоговые льготы за непахотное использование с активизацией экосистемных услуг, прежде всего депонирование углерода. Безусловно, речь идет только о потенциально малопродуктивных угодьях.

Считаем целесообразным с использованием позитивного опыта экономических драйверов, зон опережающего развития (Белгородская и Калужская области, Дальний Восток) признать степную зону России зоной опережающего развития с разработкой Национального проекта «Степи России: урожайность, диверсификация землепользования, стабильная продуктивность, экологическая реабилитация».

Предполагаемые составляющие данного Национального проекта:

- 1) равноправие природных зон в аграрной политике;
- 2) корректировка обязательств перед ВТО по поддержке земледелия;
- 3) степное землеустройство – перезапуск (или завершение) земельной реформы с выходом на структурные преобразования сельхозугодий



с целью приведения вида использования в соответствие возможностям угодий с учетом прогноза изменений климата;

- 4) цифровые технологии землепользования;
- 5) интенсивные технологии полеводства (удвоение урожайности);
- 6) белок степей – мраморное мясо адаптивных пород скота, ранчеводство, бизоководство, саранчовые;
- 7) биогумус степей – российские породы калифорнийского червя;
- 8) посткиотские углеродоемкие степи и неостепи;
- 9) вторая нефть – степное фитоволокно;
- 10) степной ревайлдинг – разведение и экологическая реабилитация степной фауны;
- 11) степной экотуризм – развитие степного агротуризма и экотуризма в порядке импортозамещения туристических услуг.

По нашему мнению, комплексная реализация системы этих составляющих в целом повысит эффективность степного землепользования: при принципиальном повышении уровня сохранения ландшафтно-биологического разнообразия степей с созданием их экологического резерва многократно увеличит выход на единицу площади растениеводческой, животноводческой и охотничьей продукции. Полученный в степной зоне опыт ускоренного технологического развития может быть распространен на всю Российскую Федерацию, а возможно, на все страны Евразийского экономического союза.

В комплексную технологическую систему степного национального проекта мы можем предложить научное обоснование ряда степеподобных технологий, основанных на принципе «долгой травы» (длительное существование степной дернины от молодых травостоев до наступления признаков вырождения) с максимальным использованием потенциала самовосстановления степей на постцелинном пространстве:

- встречное вертикальное самовосстановление степей горизонтальными полосами от источников семян в волнистом рельефе;
- агроландшафтная селекция залежных процессов, направленная на развитие и поддержание фазы апогея вторичной степи;
- формирование крупных массивов целинных и вторичных степей и точные степеполосы как основные элементы экологических каркасов;
- компенсационный агроландшафтный оборот с периодом пахотного режима, равным времени полного самовосстановления степей и вырождения ее в калдан: «поле – залежь – молодая степь – зрелая степь – калдан (климаксная степь) – поле» [Chibilev, Levykin, 2013];
- степной ревайлдинг – восстановление титульной степной фауны в условиях, максимально приближенных к естественным.

По существу, все рассмотренные технологии объединяются идеей создания высокопродуктивных пастбищных экосистем на основе полуприродных степных травостоев и выпаса крупных копытных. Соответственно, как было сказано выше, передовые интенсивные технологии, способствующие удвоению современной урожайности зерновых, мы рассматриваем в качестве «зеленой корзины» степеведения, т.к. они позволяют отказаться от избыточного почвозатратного землепользования.

## Выводы

1. Современный степной агроландшафт является продуктом четырех незавершенных мегапроектов: «Сталинский план преобразования природы» (1948–1953), Целина (1954–1963), радикальные экономические реформы 1990-х гг., вступление России в ВТО (2012).

2. К настоящему времени накоплен целый комплекс государственных документов стратегического планирования, которые, с одной стороны, предполагают агроэкологические приоритеты, но с другой – предусматривают максимально возможное переосвоение заброшенных сельхозугодий.

3. Степные экосистемы вне ООПТ были и остаются наиболее подверженными угрозам в силу действующего земельного законодательства и погектарной поддержки агропромышленного комплекса в силу норм ВТО.

4. С учетом агроэкологических проблем и степени упадка сельского хозяйства необходим дифференцированный подход к переосвоению заброшенных сельхозугодий. В степных регионах приоритет переосвоения должен быть отдан сенокосно-пастбищным угодьям, а в лесных – пахотным.

5. Лесные регионы исторического центра России обладают наивысшим потенциалом аграрного переосвоения заброшенных земель, реализация которого предотвратит массовое выбытие сельхозугодий.

6. Степные регионы России обладают потенциалом опережающего развития и могут стать драйвером технологической модернизации страны. Для реализации потенциала степных регионов имеются позитивные естественные, исторические и научные предпосылки.

7. Наиболее эффективным механизмом реализации потенциала степных регионов может стать степной национальный проект.

## Заключение

Нельзя не отметить, что наши предложения в целом перекликаются со стремительно набирающей глобальную популярность идеей ревайлдинга – новейшей природоохранной идеологии, основанной на восстановлении характерных для данного региона высоко продуктивных

экосистем путем поэтапного возвращения сохранившихся крупных животных-инженеров (или их экологических аналогов) в места, где их гибели способствовала деятельность человека [Концепция территориальной охраны..., 2017]. Особую актуальность имеет проблема восстановления высокопродуктивных пастбищных экосистем Северной Евразии с высокой плотностью травоядных.

Сегодня известен ряд проектов в данном направлении, упомянем два. «Плейстоценовый парк» Зимовых – прецедент реализации комплекса плейстоценоподобных природоохранных технологий по активизации зоогенного фактора ландшафтообразования, ориентированный на предотвращение разрушения многолетнемерзлых пород и катастрофического высвобождения метана в атмосферу вследствие потепления климата в Арктике. Проект «Оренбургская Тарпания» – проект постплейстоценового парка с учетом условий современной степной зоны, подразумевающий формирование постплейстоценовой фауны травоядных и хищников с элементами исторической и этнографической музеефикации, и целью развития в научный стационар степеведения по содержанию и сафари-парк – по форме.

В мире сегодня активно развиваются десятки ревайлдинговых проектов, этот принцип набирает популярность, и можно прогнозировать принципиально широкое распространение таких проектов в степной зоне в том случае, если за пастбищными экосистемами будет признан приоритет углероддепонирующей функции и высокая положительная роль в профилактике инфекций, переносимых клещами.

Актуальность поставленных задач и степного национального проекта должны быть учтены при дальнейшем реформировании российской науки, возможно, путем создания специализированного научно-производственного центра «Степи России» в качестве рабочего органа национального проекта.

## Библиографический список / References

Агроресомелиорация в XXI веке: состояние, проблемы, перспективы. Фундаментальные и прикладные исследования: Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. Волгоград, 26–28 октября 2015 г. Волгоград, 2015. [Agroresomelioratsiya v XXI veke: sostoyanie, problemy, perspektivy. Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya [Agrarian afforestation in XXI: state, problems and prospects. Fundamental and applied researches]. Materials of international scientific-practical conference of young scientists and specialists. Volgograd, 26–28 October 2015. Volgograd, 2015.]

Вильямс В.Р. Луговодство и кормовая площадь / Под ред. В.П. Бушинского. 4-е изд. М., 1941. [Williams V.R. *Lugovodstvo i kormovaya ploshchad'* [Meadow farming and fodder lands.] V.P. Bushinskiy (ed.). Moscow, 1941.]

Всероссийский научно-исследовательский институт кормов им. В.Р. Вильямса на службе российской науке и практике / Под ред. В.М. Косолапова, И.А. Трофимова. М., 2014. [Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut kormov im. V.R. Vil'yamsa na sluzhbe rossiiskoi nauke i praktike [Williams Russian National Fodder Institute in the service of science and practice]. V.M. Kosolapov, I.A. Trofimov (ed.). Moscow, 2014.]

Дзыбов Д.С. Агростепи. Ставрополь, 2010. [Dzybov D.S. *Agrostepi* [Agrarian steppes]. Stavropol, 2010.]

Докучаев В. В. Наши степи прежде и теперь. М., Л., 1936. [Dokuchayev V.V. *Nashi stepi prezhde i teper'* [Our steppes earlier and now]. Moscow, Leningrad, 1936.]

Злочевский А., Корбут А. Вся правда о несвязанной поддержке // Агро XXI. Агропромышленный портал. 3.01.2014. URL: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/novosti/vsja-pravda-o-nesvjazannoi-podderzhke.html> (дата обращения: 10.10.2018). [Zlochevskiy A., Korbut A. The whole truth about the unrelated support. *Agro XXI. Agroindustrial site*. 3.01.2014. URL: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/novosti/vsja-pravda-o-nesvjazannoi-podderzhke.html>]

Изменения, которые вносятся в распоряжение Правительства Российской Федерации от 3 марта 2012 г. № 297-р. Утверждены распоряжением Правительства РФ от 28.08.2014 № 1652-р. [Izmeneniya, kotorye vnosyatsya v rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 28.08.2014 № 1652-r. [Amendments to the order by the Russian Federation government of 3.03.2012 № 297-r]. Approved by Russian Federation government order of 28.08.2014 № 1652-r]

Козорез А. Плейстоценовый парк в Беларуси // Лесное и охотничье хозяйство. 2014. № 10. С. 42–47. [Kozorez A. A Pleistocene park in Belarus. *Forestry and Hunting*. 2014. № 10. Pp. 42–47.]

Компанеев М. Ученые-агрономы России. М., 1971. [Kompaneets M. *Uchjonye-agronomy Rossii* [Russian scientist-agronomists]. Moscow, 1971.]

Концепция территориальной охраны Новосибирского архипелага на основе развития идей ревайлдинга и плейстоценового парка / Левыкин С.В., Чибилёв А.А., Казачков Г.В. и др. // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2017. № 4. URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2017-4/Articles/LSV-2017-4.pdf> (дата обращения: 10.10.2018). [Levykin S.V., Chibilyov A.A., Kazachkov G.V., Yakovlev I.G., Chililyova V.P., Grudinina D.A. The concept of territorial protection of nature in the Novosibirskiy archipelago based upon ideas of rewilding and pleistocene park. *Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra UrO RAN*. 2017. № 4. URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2017-4/Articles/LSV-2017-4.pdf>]

Левыкин С.В., Казачков Г.В. Бизоны степей: история, современное состояние, агроэкологические перспективы. Екатеринбург, 2014. [Levykin S.V., Kazachkov G.V. *Bizony stepei: istoriya, sovremennoe sostoyanie, agroekologicheskie perspektivy* [Bison of steppes: History, state, agroecological prospects]. Ekaterinburg, 2014.]

Мясное скотоводство и перспективы его развития: Сб. научных тр. ВНИИМС. Вып. 53. Оренбург, 2000. [Myasnoe skotovodstvo i perspektivy ego razvitiya [Meat

cattle raising and its prospects]. Collection of scientific works of the All-Russian Scientific Research Institute of Beef Cattle Breeding. Issue 53. Orenburg, 2000.]

Национальная программа развития мясного животноводства на 2018–2027 гг. Мясной союз Казахстана. URL: <https://www.meatunion.kz/images/nacionalnayaprogramma.pdf> (дата обращения: 10.10.2018). [Natsional'naya programma razvitiya myasnogo zhivotnovodstva na 2018–2027 gg. Myasnoy soyuz Kazakhstana [National program of meat livestock raising development in 2018–2017. Meat Union of Kazakhstan]. URL: <https://www.meatunion.kz/images/nacionalnayaprogramma.pdf>]

Новые лессингоковыльные степи XXI века / Чибилёва В.П., Левыкин С.В., Яковлев И.Г. и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 6 (56). С. 186–188. [Chibilyova V.P., Levykin S.V., Yakovlev I.G., Kazachkov G.V., Grudinin D.A., Levykina N.P. New feathergrass steppes of the XXI. *Izvestia of Orenburg State Agrarian University*. 2015. № 6 (56). Pp. 186–188.]

О регулировании земельных отношений и развитии аграрной реформы в России. Указ Президента РФ № 1767 от 27.10.1993. [O regulirovaniy zemel'nykh otноshenii i razvitiy agrarnoi reformy v Rossii [On land relations regulating and on the agrarian reform development in Russia]. Decree by Russian Federation President № 1767 of 27.10.1993.]

Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации. Указ Президента РФ № 899 от 07.07.2011. [Ob utverzhdenii prioritetnykh napravlenii razvitiya nauki, tekhnologii i tekhniki v Rossiiskoi Federatsii i perechnya kriticheskikh tekhnologii Rossiiskoi Federatsii [On priority directions in science, technologies and techniques development in Russian Federation, and on the list of Russian Federation critical technologies]. Decree by Russian Federation President № 899 of 07.07.2011.]

Оренбургский аграрий заплатит более миллиона рублей за брошенные поля // RIA56. Региональное информационное агентство. 10.01.2018. URL: <http://ria56.ru/posts/416546566546454.htm> (дата обращения: 10.10.2018). [An Orenburg agrarian will pay over one million rubles fine for abandoned fields. *RIA56. Regional information agency*. 10.01.2018. URL: <http://ria56.ru/posts/416546566546454.htm>]

Проблемы восстановления зональных степных экосистем на постцелинном пространстве России и Казахстана / Левыкин С.В., Чибилёв А.А., Казачков Г.В. и др. // Степной бюллетень. 2013. № 37. С. 5–9. [Levykin S.V., Chibilyov A.A., Kazachkov G.V., Yakovlev I.G., Grudinin D.A. Zonal steppe ecosystem restoration problems in the territory of virgin lands campaign in Russia and Kazakhstan. *Steppe Bulletin*. 2013. № 37. Pp. 5–9.]

Проект Концепции устойчивого развития мясного скотоводства в Российской Федерации на период до 2030 года / Амерханов Х.А., Мирошников С.А., Костюк Р.В. и др. // Вестник мясного скотоводства. 2017. № 1. С. 7–12. [Amerkhanov Kh.A., Miroshnikov S.A., Kostyuk R.V., Dunin I.M., Legoshin G.P. Draft concept for the sustainable development of beef cattle breeding in the Russian Federation for the period up to 2030. *Herald of Beef Cattle Breeding*. 2017. № 1. Pp. 7–12.]

Сорняки на поле оренбургского фермера оценили в 400 тысяч рублей // RIA56. Региональное информационное агентство. 9.01.2018. URL: <http://ria56.ru/posts/416546566546454.htm> (дата обращения: 10.10.2018). [Weeds in a field

of an Orenburg farmer are assessed in 400 thou rubles. *RIA56. Regional information agency*. 9.01.2018. URL: <http://ria56.ru/posts/416546566546454.htm>]

Стратегия устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 2.02.2015 № 151-р. [Strategiya ustoichivogo razvitiya sel'skikh territorii Rossiiskoi Federatsii na period do 2030 goda [Russian rural territories sustainable development strategy until 2030]. Approved by Russian Federation government order of 2.02.2015.]

Чибилёв А.А. Экологическая оптимизация степных ландшафтов. Свердловск, 1992. [Chibilyov A.A. Ekologicheskaya optimizatsiya stepnykh landshaftov [Steppe landscapes ecological optimization]. Sverdlovsk, 1992.]

Чибилёв А.А., Левыкин С.В., Казачков Г.В. Степное землепользование и перспективы его модернизации в современных условиях // Вызовы XXI века: природа, общество, пространство. Ответ географов стран СНГ / Под ред. О.Б. Глезер, А.А. Тишкова. М., 2012. С. 156–182. [Chibilyov A.A., Levykin S.V., Kazachkov G.V. Steppe land use and prospects of its modernization under current conditions. *Challenges of the XXI Century: Nature, Society and Space. Respond of geographers of CIS*. O.B. Glezer, A.A. Tishkov (eds.). Moscow, 2012. Pp. 156–182.]

Экология сурка и суручий промысел / Губарь В.В., Дукельская Н.М., Корзинкина Е.М., Теплов В.П. М., Л., 1935. [Gubar' V.V., Dukelskaya N.M., Korzinkina E.M., Teplov V.P. Ekologiya surka i surochii promysel [Marmot ecology and hunting]. Moscow, Leningrad, 1935.]

Экспорт удобрений из России. 2017. URL: [https://vvs-info.ru/helpful\\_information/poleznaya-informatsiya/eksport-udobreniy-iz-rossii/](https://vvs-info.ru/helpful_information/poleznaya-informatsiya/eksport-udobreniy-iz-rossii/) (дата обращения: 10.10.2018). [Jeksport udobrenij iz Rossii [Fertilizer export from Russia]. 2017. URL: [https://vvs-info.ru/helpful\\_information/poleznaya-informatsiya/eksport-udobreniy-iz-rossii/](https://vvs-info.ru/helpful_information/poleznaya-informatsiya/eksport-udobreniy-iz-rossii/)]

Chibilev A., Levykin S. Virgin Lands Divided by an Ocean: The Fate of Grasslands in the Northern Hemisphere. Translated by David Moon. *Nova Acta Leopoldina*. 2013. NF 114. Nr. 390. Pp. 91–103.

Ecological Future of Bison in North America: A Report from a Multi-stakeholder, Transboundary Meeting. *American Bison Society*. Redford K.H., Fearn E. (eds.). 2007. Working Paper No. 1.

Kurtz C. A Practical Guide to Prairie Reconstruction: Second Ed. University of Iowa Press, 2013.

Статья поступила в редакцию 23.10.2018, принята к публикации 14.12.2018  
The article was received on 23.10.2018, accepted for publication 14.12.2018

Сведения об авторах / Information about authors

**Левыкин Сергей Вячеславович** – доктор географических наук; заведующий отделом степеведения и природопользования, Институт степи Уральского отделения РАН, г. Оренбург

**Sergey V. Levykin** – Dr. Geography Hab.; head at the Steppe Science and Nature Management Department, Institute of Steppe of the Ural Branch of RAS, Orenburg

E-mail: [stepevedy@yandex.ru](mailto:stepevedy@yandex.ru)

**Казачков Григорий Викторович** – кандидат биологических наук; научный сотрудник отдела степеведения и природопользования, Институт степи Уральского отделения РАН, г. Оренбург

**Grigoriy V. Kazachkov** – PhD in Biology; research officer at the Steppe Science and Nature Management Department, Institute of Steppe of the Ural Branch of RAS, Orenburg

E-mail: tsvikaz@yandex.ru

**Чибилёва Валентина Петровна** – кандидат географических наук; научный сотрудник отдела степеведения и природопользования, Институт степи Уральского отделения РАН, г. Оренбург

**Valentina P. Chibilyova** – PhD in Geography; research officer at the Steppe Science and Nature Management Department, Institute of Steppe of the Ural Branch of RAS, Orenburg

E-mail: tina-chibilyova@mail.ru

Заявленный вклад авторов

Представленная статья – совместная работа за одним рабочим столом над совместно выработанными идеями и совместно собранными сведениями при творческом лидерстве С.В. Левыкина

Contribution of the authors

The presented article is a team project over jointly developed ideas and jointly collected data under the creative leadership of S.V. Levykin

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи  
All authors have read and approved the final manuscript

DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-1-96-112

**А.Н. Пучкова, О.Н. Ткаченко, И.П. Трапезников,  
И.А. Пилецкая, Е.В. Тиунова, М.М. Сазонова,  
А.О. Таранов, С.С. Груздева, В.Б. Дорохов**

Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН,  
117485 г. Москва, Российская Федерация

## Оценка потенциальных возможностей амбулаторного устройства Dreem, предназначенного для ЭЭГ-синхронизированной акустической стимуляции во время сна

Нарушения сна – одна из существенных проблем современного общества. Новые исследования направлены на поиск нефармакологических методов улучшения качества сна, которые не влияли бы на структуру сна и медленноволновую активность мозга, играющую важную роль в гомеостазе и когнитивных функциях. Одно из перспективных направлений – синхронизированная с дельта-ритмами ЭЭГ глубокого сна звуковая стимуляция, усиливающая медленноволновую активность мозга. Данная статья описывает Dreem – потребительское беспроводное устройство, проводящее стимуляцию такого типа в домашних условиях. Устройство содержит сухие ЭЭГ-датчики, фотодатчик для регистрации пульса, акселерометр. Встроенные алгоритмы обнаруживают наступление фазы глубокого сна и предъявляют звуковые стимулы на восходящем фронте дельта-волн, а также проводят автоматическое стадирование сна. Получаемые устройством сырые данные доступны пользователю и пригодны для стадирования и базового анализа параметров сна. В пилотном исследовании приняли участие трое испытуемых, для каждого из которых было получено от 10 до 24 записей ночного сна с регистрацией ЭЭГ и стимуляцией.



Автоматически полученные гипнограммы соответствовали структуре нормального ночного сна. Усреднение сигнала ЭЭГ относительно момента стимуляции показало эффективную работу детектора и преимущественное попадание стимулов на восходящий фронт дельта-волны. Устройство Dreem представляет интерес для исследователей сна как простой в использовании инструмент сбора данных вне лаборатории.

**Ключевые слова:** сон, стимуляция во сне, медленноволновая активность, дельта-волны, беспроводные устройства.

**Благодарности:** Работа выполнена при поддержке Российской академии наук и Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 19-013-00747а.

ССЫЛКА НА СТАТЬЮ: Оценка потенциальных возможностей амбулаторного устройства Dreem, предназначенного для ЭЭГ-синхронизированной акустической стимуляции во время сна / А.Н. Пучкова, О.Н. Ткаченко, И.П. Трапезников и др. // Социально-экологические технологии. 2019. Т. 9. № 1. С. 96–112. DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-1-96-112.

Original research

DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-1-96-112

**A.N. Puchkova, O.N. Tkachenko, I.P. Trapeznikov,  
I.A. Piletskaya, E.V. Tiunova, M.M. Sazonova,  
A.O. Taranov, S.S. Gruzdeva, V.B. Dorokhov**

Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology,  
Russian Academy of Science,  
Moscow, 117485, Russian Federation

## Assessment of potential capabilities of Dreem: An ambulatory device for EEG phase-locked acoustic stimulation during sleep

Sleep disorders are one of the significant problems in the modern society. Current research is on the lookout for the nonpharmacological ways to improve sleep quality and slow wave brain activity that plays a crucial role in homeostasis

and cognitive functions. One of the promising approaches is acoustic stimulation that is phase-locked to deep sleep EEG rhythms. It was already shown that such stimulation improves slow wave brain activity. This article describes Dreem: a wireless consumer device that performs acoustic sleep stimulation in home conditions. The device has dry EEG electrodes, photo sensor for pulse oximetry, and an accelerometer. The inbuilt software detects deep sleep, performs audio stimulation on the ascending slope of the delta wave and does automatic sleep staging. In the pilot study of the device, three subjects made 10 to 24 recordings of night sleep with EEG recording and stimulation. The raw data recorded by the device is available to the user and is sufficient for sleep staging and basic sleep analysis. Automatic hypnograms reflect the structure of a normal night sleep. EEG averaged by the stimulation markers demonstrated the high efficacy of slow wave detectors and placement of stimulations on the ascending slope of a delta wave. Dreem device is of interest for the sleep researchers as an easy to use tool for an out-of-lab data acquisition.

**Key words:** sleep, sleep stimulation, slow wave activity, delta waves, wireless devices.

**Acknowledgements:** The work is performed with support of the Russian Academy of Sciences and of the Russian foundation of Basic Research, grant No. 19-013-00747a.

CITATION: Puchkova A.N., Tkachenko O.N., Trapeznikov I.P., Piletskaya I.A., Tiunova E.V., Sazonova M.M., Taranov A.O., Gruzdeva S.S., Dorokhov V.B. Assessment of potential capabilities of Dreem: An ambulatory device for EEG phase-locked acoustic stimulation during sleep. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2019. Vol. 9. № 1. Pp. 96–112. (In Russ.) DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-1-96-112.

## Введение

Жизнь в современном обществе постоянно сталкивает современного человека с эмоциональными и физическими стрессогенными факторами, эффективное сопротивление которым требует слаженной работы всех систем организма. Одну из ключевых ролей в поддержании гомеостаза организма и нормального психического состояния играет здоровый сон, его нарушения имеют выраженные негативные последствия. Расстройства сна многообразны: они проявляются в виде нарушений засыпания, фрагментации сна, ранних пробуждений, недостаточной глубины и т.п., и оказывают негативное влияние на качество сна. Бессонница – самое распространенное из нарушений, ею и иными нарушениями сна в той или иной форме страдают, по данным различных

исследований, от 33 до 50% населения [Schutte-Rodin et al., 2008; Полуэктов, 2012]. Хроническая бессонница увеличивает риск развития соматических и психических заболеваний, вызывает нарушения когнитивных функций [Matteson-Rusby et al., 2010]. Поэтому разработка и совершенствование методов исследования сна и лечения его расстройств является весьма актуальной проблемой.

Традиционно для лечения клинических форм бессонницы применялась фармакологическая терапия препаратами-гипнотиками. Однако даже современные достаточно безопасные препараты могут негативно сказываться на качестве сна, мощности медленноволновой активности (МВА) ЭЭГ мозга во сне и состоянии человека в бодрствовании. Кроме того, появляется риск взаимодействия с другими принимаемыми препаратами [Pagel, Parnes, 2001; Arbon, Knurowska, Dijk, 2015]. В связи с этим идет активный поиск иных способов воздействия на качество сна.

В современных исследованиях особое внимание уделяется возможности терапии расстройств сна нефармакологическими методами, которые позволят сохранить структуру медленноволнового сна. Большое внимание к сохранению МВА во сне связано с ее важной ролью в гомеостазе. МВА в дельта-диапазоне (0,8–4 Гц) ЭЭГ является основной характеристикой 3-й стадии сна (или дельта-сна), соответствующей периоду самого глубокого сна [Achermann, Borbély, 1997]. Известно, что МВА, регистрируемая во время медленноволновой фазы сна, связана с обменными процессами, например, с метаболизмом глюкозы [Cauter Van et al., 2008; Copinschi, Leproult, Spiegel, 2014]. Данные многих исследований свидетельствуют о том, что эта фаза сна способствует консолидации памяти [Marshall et al., 2006; Walker, Helm van Der, 2009] и играет важную роль в регуляции синаптической пластичности и синаптической реорганизации [Huber et al., 2004; Vyazovskiy et al., 2008; Diekelmann, Born, 2010; Maret et al., 2011]. Показано, что исполнительные функции мозга зависят от медленноволнового сна, так что улучшение качества сна может быть путем к улучшению когнитивных функций [Diekelmann, 2014; Wilckens et al., 2018].

Для ряда воздействий показана возможность усиления МВА мозга и углубления сна путем навязывания колебаний дельта-диапазона ЭЭГ [Bellesi et al., 2014]. Это навязывание может осуществляться различными методами: при помощи транскраниальной магнитной стимуляции [Massimini et al., 2007], транскраниальной стимуляции постоянным или импульсным током [Marshall et al., 2006; Meinzer et al., 2013], а также сенсорной стимуляции [Tononi et al., 2010; Низкочастотная электрокожная стимуляция..., 2013; Ngo et al., 2013; Oudiette, Santostasi, Paller,

2013; Cox et al., 2014; Ngo et al., 2015; Santostasi et al., 2016; Arnal et al., 2017; Besedovsky et al., 2017; Leminen et al., 2017; Papalambros et al., 2017; Улучшение качества ночного сна..., 2017; Debellemaniere et al., 2018; Bellesi et al., 2014]. Среди всех видов сенсорных стимулов именно акустические вызывают во сне наиболее выраженное усиление амплитуды медленных волн [Tononi et al., 2010]. В ряде исследований, сосредоточенных на данном вопросе, уже выявлены параметры стимуляции, приводящие к наибольшему усилению МВА: необходима синхронизация подаваемых стимулов с текущей дельта-активностью мозга, оптимальна стимуляция на восходящем фронте дельта-волны [Ngo et al., 2013; Debellemaniere et al., 2018]. Этот момент должен быть синхронизирован с определенной фазой таламо-кортикальных колебаний, поскольку активацией нелемнисковых восходящих путей в таламо-кортикальную систему объясняют эффект стимуляции [Bellesi et al., 2014].

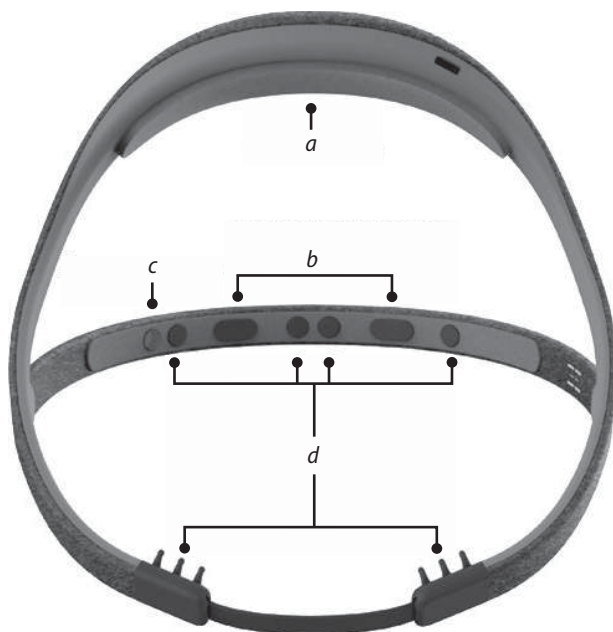
Методы, позволяющие индуцировать МВА во время глубокого сна, имеют важное прикладное значение, т.к. не только нормализуют сон, но и способствуют реализации его функций. Одним из наиболее проработанных с точки зрения регистрации и обработки сигнала является потребительское беспроводное устройство Dreem ([www.dreem.com](http://www.dreem.com), Франция). Оно представляет интерес и для исследователей сна, поскольку позволяет организовать регистрацию полисомнограммы в том числе и в домашних условиях, с минимальными неудобствами для испытуемых. Авторы разработки опубликовали статью, посвященную работе и валидации эффективности используемых датчиков и алгоритмов [Debellemaniere et al., 2018].

### **Характеристики устройства Dreem и его программного обеспечения**

Беспроводное устройство предназначено для регистрации ЭЭГ в амбулаторных условиях. Устройство надевается на голову, имеет датчики для регистрации ЭЭГ, пульсоксиметрии (фотодатчик), а также акселерометр. Для звуковой стимуляции используются динамики костной проводимости, прилегающие ко лбу, а также присутствует стандартный разъем для наушников (рис. 1). Для регистрации и обработки биологических сигналов используются встроенное в устройство вычислительное ядро и алгоритмы, не требующие постоянного беспроводного обмена данными.

Для регистрации используются «сухие» электроды, расположенные в лобных отведениях: Fp1 и Fp2 (два близко расположенных электрода по центру), F7, F8, а также затылочные электроды O1 и O2. При биполярной регистрации в качестве референтов используются ипсилатеральные

пары электродов для минимизации последствий плохого прилегания одного из электродов, когда человек лежит на боку. Использование лобных отведений в данном устройстве оправдано, поскольку МВА сна раньше всего появляется и наиболее выражена в лобных областях.



**Рис. 1.** Беспроводное устройство Dreem, вид с затылочной стороны.

Указано расположение сухих датчиков (с), динамиков костной проводимости (b), акселерометра (a). Нижний обруч с лобными электродами (d) располагается параллельно линии бровей, верхний обруч содержит вычислительное ядро, батарею и передатчик и располагается в области линии роста волос

**Fig. 1.** Wireless Dreem device, view from the back side.

Dry sensors (c), bone conduction dynamics (b) and accelerometer (a) are marked. The lower band with frontal electrodes (d) is positioned in parallel to the brow line; the upper band contains the computing core, the battery and the transmitter and is positioned by the hairline

Устройство выпускается в одном размере, рассчитанном на взрослого человека. Прилегание обеспечивается упругостью материалов обруча устройства и эластичной лентой, расположенной между электродами O1

и О2. Сигнал ЭЭГ регистрируется на частоте 250 Гц, для анализа фильтруется в диапазоне 0,4–18 Гц. Акселерометр регистрирует движения головы по трем осям с частотой 50 Гц.

Встроенные алгоритмы анализа сигнала предназначены для эффективной подачи звукового стимула на восходящем фронте дельта-волны. Для реализации этой цели алгоритм отфильтровывает высокочастотные помехи от электрической сети (фильтры на 48–52 Гц, 58–62 Гц) и постоянно отслеживает, с какой стороны устройства поступает более качественный сигнал, переключаясь на сигнал с правой или левой половины устройства. Алгоритм опирается на результаты машинного обучения на классифицированной экспертами базе сигналов ЭЭГ разного качества. Далее в анализе используется только более качественный сигнал, который разработчики называют «виртуальным каналом».

Следующим этапом анализа является детекция глубокого сна (3-ей стадии). Детектор использует алгоритмы машинного обучения (деревья решений), опирающиеся на сигналы акселерометра, пульсоксиметра и виртуального канала ЭЭГ на 30-секундных отрезках. Если сигнал получает оценку «глубокий сон», то он передается к алгоритму определения фаз. Этот алгоритм постоянно подстраивает синусоидальную функцию под сигнал ЭЭГ в частотном диапазоне 0,4–4 Гц (дельта-диапазон). Его конечной задачей является определение восходящей фазы дельта-волны для подачи звукового стимула.

Звуковая стимуляция запускалась только через 15 минут после начала глубокого сна, на восходящем фронте дельта-волны. Стимуляция представляла собой 2 всплески розового шума громкостью 40 дБ, приходящиеся на восходящие фронты следующих друг за другом дельта-волн. Подобный протокол стимуляции использовался до этого и другими группами исследователей [Ngo et al., 2015; Ong et al., 2016]. Между парами стимулов проходило минимум 9 с. Если после стимуляции детектировался альфа-ритм или движение, стимуляция прекращалась. Для контроля эффективности стимуляции введено условие псевдостимуляции (sham) – часть стимулов регистрируется алгоритмами и прибором, но звуки не предъявляются. Стимуляция велась только в глубоком сне [Debellemaniere et al., 2018].

Помимо алгоритмов детекции глубокого сна и дельта-волн, разработчики устройства Dreem создали систему автоматического стадирования сна и обнаружения микро-событий в ЭЭГ. Микро-события (веретена сна, К-комплексы, ЭЭГ-активация) обнаруживаются с помощью

алгоритмов глубокого обучения (сверточные нейронные сети) с высокими показателями точности и полноты [Chambon et al., 2018]. Для лучшего стадирования сна и детекции дельта-ритма в первую неделю пользования устройством проводится калибровка алгоритмов.

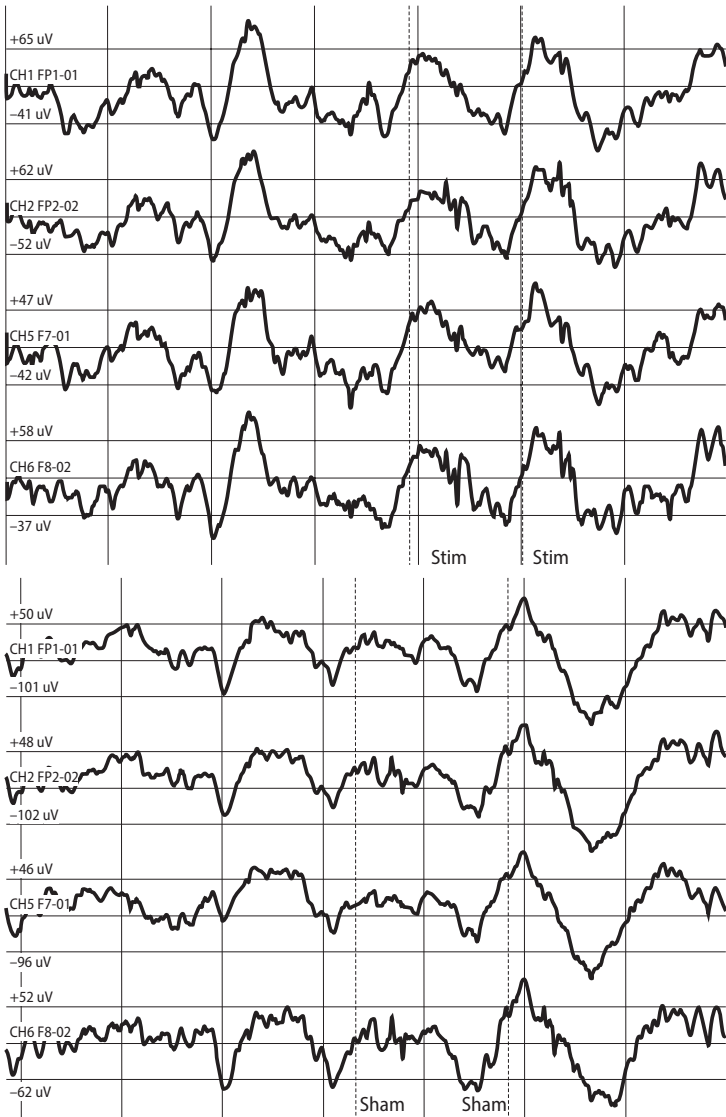
При использовании устройство Dreem после записи ночного сна передает данные в приложение на смартфоне пользователя, где он может увидеть гипнограмму и интегральную оценку параметров и качества сна. Кроме того, все полученные с датчиков сырые данные и маркеры стимуляции загружаются на сервер, где пользователь или исследователь может получить к ним доступ.

Пользователь устройства Dreem или исследователь имеет доступ к следующим данным: запись полисомнограммы в формате edf (отведения F7–O1, F8–O2, F7–F8, F7–FPz, F8–FPz, данные акселерометра по трем осям), автоматически определенная гипнограмма в текстовом и графическом форматах (см. рис. 2), список типов и времен подачи стимулов, которые затем можно анализировать или использовать как временные маркеры для анализа вызванной активности. По результатам автоматической оценки можно получить данные об общем времени сна, длительности 1-й, 2-й, 3-й стадий сна, быстрого сна и пробуждений, количестве предъявленных стимулов.

Целью данного исследования была оценка качества ЭЭГ-данных, регистрируемых устройством Dreem в домашних условиях, точности алгоритмов стимуляции и пригодности данного устройства к использованию в исследованиях сна и звуковой стимуляции во сне в частности.

## Материалы и методы

К пилотному исследованию устройства привлекли 3 испытуемых в возрасте 20–40 лет (2 женщины, 1 мужчина) без клинических нарушений сна или неврологических нарушений. Испытуемые устанавливали на свой смартфон прилагающееся к устройству программное обеспечение, которое пересылало данные записей для последующего скачивания и анализа. Они должны были надевать устройство каждый вечер перед отходом ко сну и спать в нем в обычное для них время и в привычных условиях. Испытуемые спали с устройством Dreem от 2 недель до трех месяцев, записи велись не во все ночи. Было получено по 10 пригодных для анализа записей от двух испытуемых и 24 записи от одного из них. Испытуемые отмечали первоначальное неудобство в использовании устройства во время сна. Двое испытуемых отмечали субъективное улучшение качества сна при использовании устройства.



**Рис. 2.** Примеры записи данных ЭЭГ, полученных с помощью беспроводного устройства Dream.

Указаны маркеры стимуляции (Stim) и псевдостимуляции (Sham)

**Fig. 2.** Examples of an EEG recording with the Dream device.

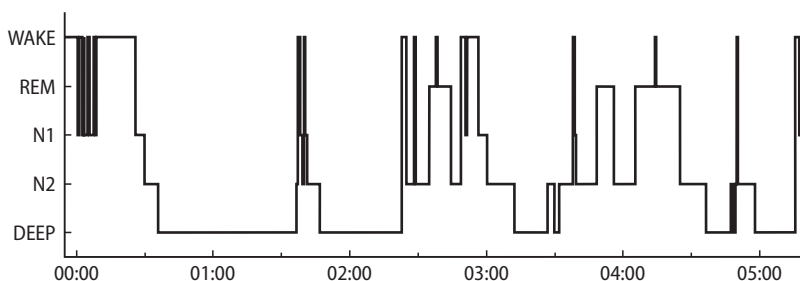
Stimulation (Stim) and pseudostimulation (Sham) markers are shown



## Результаты

Для анализа записи полисомнограмм файлы меток стимуляции и гипнограмм скачивались с сервера разработчиков. При анализе данных было обнаружено, что качество записи ЭЭГ улучшается через несколько ночей после начала использования устройства, поскольку испытуемый привыкает к нему и меньше двигается во сне. Сравнение записей ЭЭГ сна, зарегистрированных одновременно «сухими» электродами устройства Dгеет и электродами с использованием проводящего геля, подключенными к стандартному электроэнцефалографу, показало довольно хорошее совпадение (рис. 2), что подтверждает полученные разработчиками результаты [Debellemaniere et al., 2018].

Для анализа работы встроенного алгоритма определения времени подачи звукового щелчка использовали временные маркеры стимуляции. По этим маркерам стимуляции проводилось усреднение данных, аналогичная процедуре усреднения вызванных потенциалов (ВП) для анализа точности попадания стимула и сравнения эффектов стимуляции и псевдостимуляции (контроль, около 25% стимулов). В большинстве случаев метки времени стимуляции попадали на область восходящего фронта дельта-волны ЭЭГ. Анализ получаемых при автоматическом анализе гипнограмм сна также показал их соответствие нормальной структуре сна здорового человека (рис. 3).



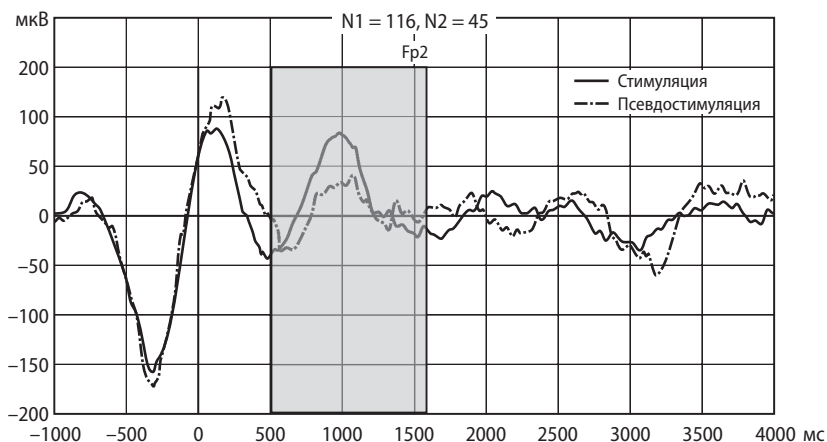
**Рис. 3.** Пример автоматически полученной гипнограммы ночного сна у человека с незначительными проблемами с поддержанием сна.

WAKE – бодрствование, REM – быстрый сон, N1 – первая стадия сна, N2 – вторая стадия сна, DEEP – третья стадия сна

**Fig. 3.** An example of an automatically scored hypnogram of a night sleep in a subject with minor sleep maintenance problems.

REM – rapid eye movement sleep, N1 – stage 1 sleep, N2 – stage 2 sleep, DEEP – stage 3 sleep

На этапе пилотных исследований данные усреднялись только в пределах одной ночи. При усреднении по маркеру первого стимула из пары четко визуализируется восходящая область дельта-волны, на которую приходится стимул, а также предыдущая и последующая дельта-волны, хотя их амплитуды ниже из-за несовпадения длительности отдельных дельта-волн, что приводит к сглаживанию в усреднении. Поскольку стимулы подавались парами, была проведена оценка интервалов между стимулами. Медиана межстимульного интервала составила 1048 мс, среднее – 1068 мс, стандартное отклонение – 318 мс, т.е. алгоритм успешно детектировал идущие друг за другом дельта волны на частоте около 1 Гц (рис. 4).



**Рис. 4.** Усредненная ЭЭГ-активность при звуковой стимуляции и в контроле (псевдостимуляция без звука).

Усреднение по первому стимулу из пары. Видна высокоамплитудная дельта-активность глубокого сна, стимул попадает на восходящий фронт волны, а также следующая за стимулом дельта-волна. Серая область указывает временные рамки, в которые попадал второй стимул

**Fig. 4.** EEG activity averaged for acoustic stimulation and sham conditions.

Averaging is performed by the first stimulus of the pair. High amplitude delta activity of deep sleep, stimulus on the ascending slope and following delta wave can be seen. Gray area denotes the time range for the second stimulus of the pair

## Обсуждение

Устройство Dreet – представитель крайне небольшой группы устройств, пригодных для массовой амбулаторной регистрации ночного и дневного сна. Оно содержит достаточный для базовой регистрации

набор датчиков, не требует применения геля или иных расходных материалов. Беспроводная система передачи и конструкция устройства обеспечивают относительную свободу движения во сне. Оно не требует специфических навыков для установки электродов для качественной регистрации ЭЭГ, после непродолжительной адаптации позволяет регистрировать ненарушенный сон в привычных для человека условиях. Постоянное совершенствование технических характеристик прибора и алгоритмов, а также отсутствие прямых аналогов на рынке делает Dreem фактическим стандартом для подобного класса потребительских устройств, которые будут развиваться и в дальнейшем.

Разработанные авторами алгоритмы эффективно классифицируют стадии сна, выделяют дельта-волны и подают звуковые стимулы, синхронизированные с восходящим фронтом волны. Значимых и воспроизводимых различий в амплитуде дельта-активности в условиях стимуляции по сравнению с псевдостимуляцией при усреднении сигналов в пределах одной ночи получить не удалось. Скорее всего, это связано с относительно небольшим количеством стимулов при усреднении. Разработчики устройства отмечают усиление дельта-активности после стимуляции, однако для воспроизведения этих результатов требуется усреднение данных по большому количеству испытуемых [Debellemaniere et al., 2018]. В дальнейшем исследовании на большем количестве испытуемых мы планируем воспроизвести этот подход. Также представляет интерес оценка динамики реакций при стимуляции в течение ряда ночей без перерывов. Такое исследование сложно реализовать в лабораторных условиях, а применение устройства Dreem позволит провести его без необходимости ежедневного посещения лаборатории.

Устройство представляет большой интерес и для различных популяционных исследований, оценки параметров сна у групп с хронической депривацией сна, сменных работников, людей с субклиническими нарушениями сна или экстремальными хронотипами.

## Выводы

Беспроводное устройство Dreem представляет интерес не только для пользователей, желающих улучшить качество сна, но и как инструмент для исследований сна в привычных для человека условиях. Авторы разработки привлекают желающих к участию в процессе оптимизации алгоритмов детекции сна и акустической стимуляции, широкая пользовательская база позволяет им опираться на большие наборы данных в дальнейших исследованиях.

Используемые алгоритмы эффективно проводят ЭЭГ-синхронизированную звуковую стимуляцию. При отключении режима стимуляции устройство представляет большой интерес для различных популяционных исследований, оценки параметров сна у групп с хронической депривацией сна, сменных работников, людей с субклиническими нарушениями сна или экстремальными хронотипами.

## Библиографический список / References

Низкочастотная электрокожная стимуляция кисти руки во время медленноволновой стадии ночного сна: физиологические и терапевтические эффекты / Индурский П.А., Маркелов В.В., Шахнарович В.М., Дорохов В.Б. // Физиология человека. 2013. Т. 39. № 6. С. 91–105. [Indursky P.A., Markelov V.V., Shakhnarovich V.M., Dorokhov V.B. Low-frequency rhythmic electrocutaneous hand stimulation during slow-wave night sleep: Physiological and therapeutic effects. *Human Physiology*. 2013. Vol. 39. № 6. Pp. 642–654.]

Полуэктов М.Г. Современные представления о природе и методах лечения инсомнии // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2012. Т. 98. № 10. С. 1188–1199. [Poluektov M.G. Origin and treatment of insomnia: Current status of knowledge. *Russian Journal of Physiology*. 2012. Vol. 98. № 10. Pp. 1188–1199.]

Улучшение качества ночного сна посредством подпороговой электрокожной стимуляции, синхронизированной с медленноволновыми фазами / Гуляев Ю.В., Бугаев А.С., Индурский П.А. и др. // Доклады Академии наук. 2017. Т. 474. № 6. С. 770–773. [Gulyaev Yu.V., Bugaev A.S., Indursky P.A. et al. The Phenomenon of Involving Weak Afferent Signals in Neuronal Synchronization Mechanisms in during Delta-Range Sleep. *Doklady Akademii Nauk*. 2017. Vol. 474. № 6. Pp. 770–773.]

Achermann P., Borbely A.A. Low-frequency (< 1 Hz) oscillations in the human sleep electroencephalogram. *Neuroscience*. 1997. Vol. 81. № 1. Pp. 213–222.

Arbon E.L., Knuruwska M., Dijk D.-J. Randomised clinical trial of the effects of prolonged-release melatonin, temazepam and zolpidem on slow-wave activity during sleep in healthy people. *J. Psychopharmacol.* 2015. Vol. 29. № 7. Pp. 764–776.

Arnal P.J., El Kanbi K., Debellemanniere E., et al. Auditory closed-loop stimulation to enhance sleep quality. *J. Sci. Med. Sport*. 2017. Vol. 20. P. S95.

Bellesi M., Riedner B.A., Garcia-Molina G.N., et al. Enhancement of sleep slow waves: Underlying mechanisms and practical consequences. *Front. Syst. Neurosci.* 2014. Vol. 8. P. 208.

Besedovsky L., Ngo H.-V.V., Dimitrov S., et al. Auditory closed-loop stimulation of EEG slow oscillations strengthens sleep and signs of its immune-supportive function. *Nat. Commun.* 2017. Vol. 8. № 1. P. 1984.

Cauter E. Van, Spiegel K., Tasali E., Leproult R. Metabolic consequences of sleep and sleep loss. *Sleep Med.* 2008. Vol. 9. Pp. S23–S28.

Chambon S. et al. A Deep Learning Architecture for Temporal Sleep Stage Classification Using Multivariate and Multimodal Time Series. *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.* 2018. Vol. 26. № 4. Pp. 758–769.

Copinschi G., Leproult R., Spiegel K. The important role of sleep in metabolism. *How Gut and Brain Control Metabolism*. Karger Publishers, 2014. Pp. 59–72.

Cox R., Korjoukov I., de Boer M., Talamini L.M.. Sound Asleep: Processing and Retention of Slow Oscillation Phase-Targeted Stimuli. *PLoS One*. 2014. Vol. 9. № 7. P. e101567.

Debellemanniere E., Chambon S., Pinaud C., et al. Performance of an Ambulatory Dry-EEG Device for Auditory Closed-Loop Stimulation of Sleep Slow Oscillations in the Home Environment. *Front. Hum. Neurosci*. 2018. Vol. 12. P. 88.

Dickelmann S. Sleep for cognitive enhancement. *Front. Syst. Neurosci*. 2014. Vol. 8. P. 46.

Dickelmann S., Born J. The memory function of sleep. *Nat. Rev. Neurosci*. 2010. Vol. 11. № 2. P. 114.

Huber R., Ghilardi M.F., Massimini M., Tononi G. Local sleep and learning. *Nature*. 2004. Vol. 430. № 6995. P. 78.

Leminen M.M., Virkkala J., Saure E., et al. Enhanced Memory Consolidation Via Automatic Sound Stimulation During Non-REM Sleep. *Sleep*. 2017. Vol. 40. № 3. zsx003.

Maret S., Faraguna U., Nelson A.B. et al. Sleep and waking modulate spine turnover in the adolescent mouse cortex. *Nat. Neurosci*. 2011. Vol. 14. № 11. P. 1418.

Marshall L., Helgadóttir H., Mölle M., Born J. Boosting slow oscillations during sleep potentiates memory. *Nature*. 2006. Vol. 444. № 7119. P. 610–613.

Massimini M., Ferrarelli F., Esser S.K. et al. Triggering sleep slow waves by transcranial magnetic stimulation. *Proc. Natl. Acad. Sci*. 2007. Vol. 104. № 20. Pp. 8496–8501.

Matteson-Rusby S.E., Pigeon W.R., Gehrman P., Perlis M.L. Why treat insomnia? *Prim. Care Companion J. Clin. Psychiatry*. 2010. Vol. 12. № 1.

Meinzer M., Lindenber R., Antonenko D. et al. Anodal transcranial direct current stimulation temporarily reverses age-associated cognitive decline and functional brain activity changes. *J. Neurosci*. 2013. Vol. 33. № 30. Pp. 12470–12478.

Ngo H-V.V., Miedema A., Faude I. et al. Driving Sleep Slow Oscillations by Auditory Closed-Loop Stimulation – A Self-Limiting Process. *J. Neurosci*. 2015. Vol. 35. № 17. Pp. 6630–6638.

Ngo H-V.V., Martinetz T., Born J., Mölle M. Auditory Closed-Loop Stimulation of the Sleep Slow Oscillation Enhances Memory. *Neuron*. 2013. Vol. 78. № 3. Pp. 545–553.

Oudiette D., Santostasi G., Paller K.A. Reinforcing Rhythms in the Sleeping Brain with a Computerized Metronome. *Neuron*. 2013. Vol. 78. № 3. Pp. 413–415.

Pagel J.F., Parnes B.L. Medications for the treatment of sleep disorders: An overview. *Prim. Care Companion J. Clin. Psychiatry*. 2001. Vol. 3. № 3. P. 118.

Papalambros N.A. et al. Acoustic Enhancement of Sleep Slow Oscillations and Concomitant Memory Improvement in Older Adults. *Front. Hum. Neurosci*. 2017. Vol. 11. P. 109.

Santostasi G., Malkani R., Riedner B. et al. Phase-locked loop for precisely timed acoustic stimulation during sleep. *J. Neurosci. Methods*. 2016. Vol. 259. Pp. 101–114.

Schutte-Rodin S., Broch L., Buysse D. et al. Clinical guideline for the evaluation and management of chronic insomnia in adults. *J. Clin. Sleep Med*. 2008. Vol. 4. № 05. Pp. 487–504.

Tononi G., Riedner B.A., Hulse B.K. et al. Enhancing sleep slow waves with natural stimuli. *Medicamundi*. 2010. Vol. 54. № 2. Pp. 73–79.

Vyazovskiy V.V., Cirelli C., Pfister-Genskow M. et al. Molecular and electrophysiological evidence for net synaptic potentiation in wake and depression in sleep. *Nat. Neurosci*. 2008. Vol. 11. № 2. P. 200.

Walker M.P., Helm E. van Der. Overnight therapy? The role of sleep in emotional brain processing. *Psychol. Bull.* 2009. Vol. 135. № 5. P. 731.

Wilckens K.A., Ferrarelli F., Walker M.P., Buysse D.J. Slow-Wave Activity Enhancement to Improve Cognition. *Trends Neurosci.* 2018. Vol. 41. № 7. Pp. 470–482.

Статья поступила в редакцию 06.12.2018, принята к публикации 14.01.2019

The article was received on 06.12.2018, accepted for publication 14.01.2019

Сведения об авторах / About the authors

**Пучкова Александра Николаевна** – кандидат биологических наук; старший научный сотрудник лаборатории нейробиологии сна и бодрствования, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва

**Puchkova Alexandra N.** – PhD in Biology; senior research fellow at the Laboratory of Sleep and Wakefulness Neurobiology, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology RAS, Moscow

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2292-6475>

E-mail: puchkovaan@gmail.com

**Ткаченко Ольга Николаевна** – кандидат биологических наук; научный сотрудник лаборатории нейробиологии сна и бодрствования, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, г. Москва

**Tkachenko Olga N.** – PhD in Biology; research fellow at the Laboratory of Sleep and Wakefulness Neurobiology, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology RAS, Moscow

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5100-8980>

E-mail: tkachenkoon@gmail.com

**Трапезников Игорь Петрович** – аспирант лаборатории нейробиологии сна и бодрствования, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, г. Москва

**Trapeznikov Igor P.** – post-graduate student of the Laboratory of Sleep and Wakefulness Neurobiology, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology RAS, Moscow

E-mail: trapeznikovip@ihna.ru

**Пилецкая Инга Александровна** – лаборант лаборатории нейробиологии сна и бодрствования, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, г. Москва

**Piletskaya Inga A.** – Lab assistant at the Laboratory of Sleep and Wakefulness Neurobiology, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology RAS

E-mail: enga1997@yandex.ua

**Тиунова Екатерина Васильевна** – лаборант лаборатории нейробиологии сна и бодрствования, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, г. Москва

**Tiunova Ekaterina V.** – Lab assistant at the Laboratory of Sleep and Wakefulness Neurobiology, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology RAS, Moscow

E-mail: tiunova.katia96@gmail.com

**Сафонова Маргарита Михайловна** – лаборант лаборатории нейробиологии сна и бодрствования, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, г. Москва

**Sazonova Margarita M.** – Lab assistant at the Laboratory of Sleep and Wakefulness Neurobiology, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology RAS, Moscow

E-mail: margaritka361@gmail.com

**Таранов Антон Олегович** – младший научный сотрудник лаборатории нейробиологии сна и бодрствования, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, г. Москва

**Taranov Anton O.** – junior researcher at the Laboratory of Sleep and Wakefulness Neurobiology, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology RAS

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4905-8249>

E-mail: psy.msu.ru@gmail.com

**Груздева Светлана Сергеевна** – младший научный сотрудник лаборатории нейробиологии сна и бодрствования, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, г. Москва

**Gruzdeva Svetlana S.** – junior researcher at the Laboratory of Sleep and Wakefulness Neurobiology, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology RAS

E-mail: svetlanagruzdeva25@gmail.com

**Дорохов Владимир Борисович** – доктор биологических наук; заведующий лабораторией нейробиологии сна и бодрствования, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, г. Москва

**Dorokhov Vladimir B.** – Dr. Hab. in Biology; head at the Laboratory of Neurobiology of Sleep and Wakefulness, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of the Russian Academy of Sciences

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3533-9496>

E-mail: vbdorokhov@mail.ru

Заявленный вклад авторов

А.Н. Пучкова – анализ текущего состояния исследований в области стимуляции во сне, подготовка теоретического обзора, подготовка текста статьи

О.Н. Ткаченко – анализ данных ЭЭГ для получения вызванной активности, подготовка иллюстраций, разработка скриптов анализа данных

И.П. Трапезников – взаимодействие с разработчиками устройства, доступ к сырым данным, участие в экспериментах, подготовка иллюстраций

И.А. Пилецкая – участие в экспериментах, анализ сырых данных  
Е.В. Тиунова – участие в экспериментах, анализ сырых данных  
М.М. Сазонова – участие в экспериментах, анализ сырых данных  
А.О. Таранов – анализ сырых данных, анализ гипнограмм  
С.С. Груздева – анализ сырых данных, подготовка иллюстраций  
В.Б. Дорохов – общее руководство направлением исследования, планирование исследования, участие в подготовке текста статьи

#### Contribution of the authors

A.N. Puchkova – analysis of the current state of research in the field of stimulation during sleep; preparation of the theoretical review; preparation of the text of the article

O.N. Tkachenko – analysis of EEG data to obtain evoked activity, preparation of illustrations and of data analysis scripts

I.P. Trapeznikova – interaction with device developers, access to raw data, participation in experiments, preparation of illustrations

I.A. Piletskaya – participation in experiments, analysis of raw data

E.V. Tiunova – participation in experiments, analysis of raw data

M.M. Sazonova – participation in experiments, analysis of raw data

A.O. Taranov – raw data analysis, hypnogram analysis

S.S. Gruzdeva – analysis of raw data, preparation of illustrations

V.B. Dorokhov – general direction of research, research planning, participation in the preparation of the text of the article

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи

All authors have read and approved the final manuscript



DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-1-113-120

**Т.Ю. Толпышева**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
119991 г. Москва, Российская Федерация

## Находка лишайников в гнезде зяблика европейского (*Fringilla coelebs*)

Зяблик (*Fringilla coelebs*) использовал эпифитный листоватый лишайник *Hypogymnia physodes* при строительстве гнезда. Кусочки живых талломов были разреженно прикреплены к внешней стороне гнезда своей черной нижней поверхностью. Обилие этого вида лишайника на деревьях вокруг гнезда свидетельствует о том, что лишайник использован для маскировки гнезда. Кроме того, для этой цели были использованы единичные фрагменты таллома листоватого лишайника *Parmelia sulcata*, не обнаруженного рядом с гнездом.

**Ключевые слова:** лишайники, мхи, использование лишайников при строительстве гнезд, птичьи гнезда.

**Благодарности:** Автор выражает благодарность сотрудникам биологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова К.С. Авилевой за помощь в определении птичьего гнезда, В.Э. Федосову за помощь в определении мха, а также Л.Г. Бязрову за советы и дружескую поддержку.

ССЫЛКА НА СТАТЬЮ: Толпышева Т.Ю. Находка лишайников в гнезде зяблика европейского (*Fringilla coelebs*) // Социально-экологические технологии. 2019. Т. 9. № 1. С. 113–120. DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-1-113-120.

DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-1-113-120

**T.Yu. Tolpysheva**Lomonosov Moscow State University,  
Moscow, 119991, Russian Federation

## Lichens in birds nest construction of chaffinch (*Fringilla coelebs*)

Chaffinch used epiphytic foliose lichen *Hypogymnia physodes* for construction of nest. The living fragments of thallus were tenuously attached by their lower black surface to the outward side of the birds nest. Abundance of this species on the trees around the bird's nest of chaffinch showed that lichen was used for camouflage of birds' nest. In addition single thallus fragments of foliose lichen *Parmelia sulcata* were used with this purpose too.

**Key words:** lichens, mosses, birds' nests.

**Acknowledgments:** The author is grateful to the representatives of the Biological faculty of Lomonosov Moscow State University: K.S. Avilova for the help in determining the bird's nest, and V.E. Fedosov for his help in determining the moss, as well as L.G. Byazrov for his advice and friendly support.

CITATION: Tolpysheva T.Yu. Lichens in birds nest construction of chaffinch (*Fringilla coelebs*). *Environment and Human: Ecological Studies*. 2019. Vol. 9. № 1. Pp. 113–120. (In Russ.) DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-1-113-120.

Конкретные данные об использовании птицами лишайников для строительства гнезд очень разрознены и имеются в большей степени в зарубежной литературе. Однако исследователи-орнитологи, описывая гнезда, в которых найдены лишайники, вид лишайника не указывают. В Аргентине и Парагвае дятловые древолазы (*Dendrocincla turdina* Lichtenstein) нередко используют лишайники для маскировки и украшения гнезд [Boدراتи et al., 2018]. В Северной Америке талломы эпифитных лишайников используют при строительстве гнезд до 50 видов птиц, включая дроздов, крохалей, ястребов, гаичек, колибри, а также некоторых певчих птиц [Brodo et al., 2001].

В России орнитологи также нередко отмечали кусочки талломов лишайников в гнездах разных птиц: якутской пеночки *Phylloscopus*

*trochilus yakutensis*, желтоголового короляка *Regulus regulus* L., западного гималайского вьюрка *Leucosticte nemoricola altaica*, европейского зяблика *Fringilla coelebs*, северного клеста-еловика *Loxia curvirostra curvirostra*, серого личинкоеда *Pericrocotus divaricatus*, северо-европейской обыкновенной пищухи (*Certhia familiaris familiaris*), некоторых видов дроздов (европейский дрозд деряба *Turdus viscivorus viscivorus*, восточный певчий дрозд *T. philomelos*, краснозобый дрозд *T. ruficollis*, европейский черный дрозд *T. merula*, пестрый или земляной дрозд *T. dauma*), ржанок (северная золотистая ржанка *Charadrius apricarius altifrons*, бурокрылая ржанка *Ch. dominicus* Mull.), синиц (обыкновенная большая синица *Parus major*, обыкновенная хохлатая синица *P. cristatus*), овсянок (островная седоголовая овсянка *Emberiza spodocephala personata*, обыкновенная овсянка *E. citrinella* L.), мухоловок (европейская серая мухоловка *Muscicapa striata striata*, европейская малая мухоловка *M. parva parva*, мухоловка касатка *M. sibirica* Gmelin, сибирская ширококлювая мухоловка *M. dauurica*, мухоловка-пеструшка *M. hypoleuca* Pall., таежная мухоловка или мухоловка Мугимаки *M. Mugimaki* Temm.) [Птицы..., 1951, 1954; Жизнь животных, 1986].

Лишениологи, находя лишайники в гнездах птиц, могут определить их до вида или рода, но часто не могут сказать, в гнезде какой птицы присутствует тот или иной вид лишайника. Часты описания такого рода: в Индии лишайники *Parmotrema mesotropum* (Müll. Arg.) Hale и *P. zollingeri* (Hepp.) Hale найдены на стенке птичьего гнезда, а лишайник *Bulbothrix tabacina* (Monh. Bosch.) Hale – на его ободке [Hariharan, 2005]; в Гималаях птичье гнездо, расположенное на дереве, было оформлено *Rimelia reticulate* (Taylor) Hale et A. Fletcher и *Parmelia* (s.l.) [Upreti et al., 2001].

Гораздо реже встречаются работы, в которых указан как вид птицы, построившей гнездо, так и вид лишайника, используемый для строительства.

При строительстве гнезд птицы используют как кустистые лишайники, так и лишайники с листоватыми талломами. Накипные лишайники для этих целей малоприспособлены. Из веточек кустистых лишайников как нитчатоподобного материала, наряду с травинками и веточками, можно свить гнездо. Листоватые лишайники для этой цели не подходят, но вкрапления кусочков талломов листоватых лишайников, прикрепленные к внешней стороне гнезда, хороши для маскировки. Учитывая, что большинство видов птиц, в гнездах которых найдены лишайники, строят гнезда на деревьях, то для маскировки или постройки гнезд птицы преимущественно используют эпифитные лишайники.

В северных частях Северной Америки птицы предпочитают вить гнезда из округлых, радиального строения веточек талломов видов рода *Usnea*, а в западных частях для этих же целей используют уплощенные лопасти талломов кустистого лишайника *Ramalina menziensis* Taylor [Brodo et al., 2001]. Виды рода *Usnea* найдены в гнездах *Prionodura newtoniana* De Vis. Автор находки считает, что лишайник служит для украшения гнезд [Tibel, Gibson, 1986].

Из листоватых лишайников в виде камуфляжа на внешней стороне гнезд находили кусочки талломов *Parmelia sulcata* Taylor. Этот вид лишайника использовали мухоловки и колибри [Brodo et al., 2001]. Он же найден в гнезде зяблика *Fringilla coelebs* L. [Seaward, 2008]. Лишайник *Myelochroma aurulenta* (Tuck.) Elix et Hale обнаружен на внешней поверхности гнезда колибри обыкновенного *Archilochus colubris* L., при этом авторы считают, что птица использует лишайник для украшения гнезда, а его кусочки могли быть собраны вдали от места гнездования [Graves, Dal Forno, 2018].

Некоторые исследователи отмечают избирательность птиц в выборе лишайников для строительства гнезд. В Аргентине европейский скворец *Sturnus vulgaris* L. из всех видов лишайников предпочитает кустистый лишайник *Ramalina celastri* (Spreng) Krog et Swinscow. Частота встречаемости этого вида лишайника в выстилке гнезд (обследовано 50 заселенных скворечников) – 45%, в то время как частота встречаемости других кустистых видов *R. aspera* Räsänen, *Teloschistes chrysocephthalmus* (L.) Norman et Tuck. и листоватого *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. всего 2%. Скворцы, в выстилке гнезд которых были лишайники, начинали яйцекладку раньше, чем птицы, в гнездах которых лишайников не было [Ibañez et al., 2018].

Сведения о видах лишайников, используемых птицами в России, практически отсутствуют. Имеется указание, что в Московской области при строительстве гнезда мухоловка-пеструшка применила «бородатый» лишайник [Птицы..., 1954]. «Бородатыми лишайниками» не специалисты-лихенологи обычно называют виды рода *Bryoria*. Их свисающие с ветвей деревьев коричневые или черноватые, довольно мягкие талломы действительно напоминают бороды. В Московской области отмечено 8 видов этого рода, но чаще других встречаются *Bryoria fuscescens* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw. и *B. capillaris* (Ach.) Brodo et D. Hawksw. [Толпышева и др., 2018]. Возможно, что мухоловка-пеструшка использовала при строительстве гнезда один из этих видов рода *Bryoria*.

Не исключено, что один из видов этого рода лишайника был найден и в лотке гнезда островной седоголовой овсянки. Некоторые виды овся-

нок часто выстилают лоток волосом. Указание на то, что на Южном Сахалине лоток был «обильно выстлан черным лишайником» [Птицы, 1954], дает возможность предположить, что он относится к роду *Bryoria*. Темные, волосовидные, мягкие у некоторых видов талломы рода *Bryoria* подходят для этих целей. Однако это только предположение.

По фотографии, приведенной в фотоэнциклопедии серии «Природа России» (1999), можно определить вид лишайника, из которого построено гнездо пестрого дрозда. Вокруг гнезда с ветвей свисают талломы эпифитного кустистого лишайника *Usnea longissima*, и этот же лишайник использовала птица при постройке своего гнезда.

Эпигейные лишайники в гнездах находят реже. Иногда краснозобный дрозд для строительства гнезда собирает олений лишайник [Птицы, 1954]. Олений лишайник – это *Cladonia rangiferina* (L.) F.H. Wigg., эпигейный лишайник с кустистым талломом. В северных регионах зимой он входит в пищевой рацион оленей.

Ценность нашего сообщения заключается в том, что определены и вид птицы, построившей гнездо, и используемые при этом виды лишайника. Гнездо зяблика было найдено в ельнике-зеленомошнике Зубцовского района Тверской области. Гнездо располагалось среди ветвей молодой ели, произраставшей вблизи лесной дороги. Снаружи стенка гнезда оформлена побегами мха *Rhytidiadelphus squarrosus* (Hedw.) Warnst. и кусочками талломов живых лишайников. Из лишайников на стенке гнезда преобладает *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., в то время как *Parmelia sulcata* представлен единичными вкраплениями (рис. 1). Преимущественно кусочки лишайников располагаются на некотором расстоянии друг от друга, но местами могут соприкасаться.

Оба вида относятся к листоватым лишайникам. Нижняя сторона их талломов черная, а верхняя светлая, серая. Кусочки талломов прикреплены к внешней стенке гнезда своей нижней стороной, т.е. так, как они растут на ветвях и стволах деревьев. Лишайники своей нижней поверхностью контактируют с гнездовым материалом, а верхняя поверхность сливалась с окружающей гнездо растительностью. Расположенный таким образом на стенке гнезда лишайник не погибает и продолжает нормально функционировать.

Птицы гнездовой материал обычно собирают поблизости от мест постройки гнезд. Для зяблика указано, что кусочки мха и лишайника обычно берутся с того же дерева, на котором находится гнездо [Птицы..., Там же].

В ельниках *Hypogymnia physodes* – фоновый вид. Лишайник растет на стволах сосен и ветвях елей, переходит нередко на хвою, вызывая

ее отмирание. Нижние, засохшие ветви елей нередко сплошь бывают покрыты лишайником. Талломы этого вида лишайника непрочно прикреплены к субстрату. Краевые лопасти талломов обычно не прикреплены. Как весь таллом, так и его части легко отделить от субстрата. Ветви ели, где найдено гнездо, также были покрыты лишайником, поэтому весьма вероятно, что *Hypogymnia physodes* зяблик мог собрать на той ели, где свил гнездо. Для строительства гнезда зяблик использовал вид лишайника, господствующий в конкретном, окружающем гнездовой участок биотопе, что оптимально замаскировало гнездо.



**Рис. 1.** Гнездо зяблика с лишайниками *Hypogymnia physodes* и *Parmelia sulcata* и побегами мха *Rhytidiadelphus squarrosus*

**Fig. 1.** Chaffinch nest with lichens of *Hypogymnia physodes* and *Parmelia sulcata* and moss shoots of *Rhytidiadelphus squarrosus*

Но лишайник *Parmelia sulcata* и мох *Rhytidiadelphus squarrosus* явно собраны в других местах. *Parmelia sulcata* в исследуемом экотопе встречается редко, поэтому и на гнезде кусочков таллома этого лишайника очень и очень мало. Этот вид лишайника ни на том дереве, где располагалось гнездо, ни на деревьях вблизи гнезда не встречался, что сви-

детельствует о том, что *P. sulcata* был принесен с большого расстояния. Используемый забликом вид мха собран с почвы. Сероватые кусочки талломов лишайников и зеленоватые побеги мха, похожие на цвет хвои, используемые птицей для оформления гнезда, также хорошо замаскировали гнездо.

Используя лишайники при строительстве гнезд и принося их пропагулы с удаленных от гнездовых мест, птицы способствуют распространению этих организмов [Толпышева, 1990; Graves, Dal Forno, 2018; Seaward, 2010; Galloway, 2010].

Использование *Parmelia sulcata* при строительстве гнезда зябликом (*Fringilla coelebs*), представленное в данном сообщении, может свидетельствовать о том, что птица способствует расширению мест произрастания этого вида лишайника (в окрестностях гнезда этот вид лишайника отсутствовал). Автор более не нашел в литературе упоминаний о такого рода гнездах, и очень перспективными представляются совместные исследования распространения лишайников и мхов другими организмами учеными разных специальностей, в том числе орнитологами, бриологами и лишайниками.

#### Библиографический список / References

Жизнь животных. Т. 6. Птицы / Под ред. В.Д. Ильичева, А.В. Михеева. 2-е изд., перераб. М., 1986. [Zhizn zhivotnykh [Life of animals]. Vol. 6. The birds. V.D. Plychev, A.V. Miheev (eds.). Moscow, 1986.]

Природа России. Птицы. Тверь, 1999. [Priroda Rossii. Ptitsy [Russian Nature. The birds]. Tver, 1999.]

Птицы Советского Союза / Под ред. Г.П. Дементьева, Н.А. Гладкова. Т. 3. М., 1951. [Ptitsy Sovetskogo Soyuza [The birds of the USSR]. Vol. 3. G.P. Dementev, N.A. Gladkov (eds.). Moscow, 1951.]

Птицы Советского Союза / Под ред. Г.П. Дементьева, Н.А. Гладкова. Т. 5, 6. М., 1954. [The birds of the USSR. Vol. 5, 6. G.P. Dementev, N.A. Gladkov (eds.). Moscow, 1954.]

Толпышева Т.Ю. Об интересной лишайнологической находке из Среднего Приобья // Новости систематики низших растений. 1990. Т. 27. С. 113–116. [Tolpysheva T.Yu. About an interesting lichenological find from the Middle Ob. *Novosti sistematiki nizshikh rastenii*. 1990. Vol. 27. Pp. 113–116.]

Толпышева Т.Ю., Сулова Е.Г., Румянцев Р.Ю. Распространение видов рода *Bryoria* на территории Московской области // Социально-экологические технологии. 2018. № 2. С. 22–33. [Tolpysheva T.Yu., Suslova E.G., Rumyantsev R.Yu. Distribution of species of the genus *Bryoria* in Moscow region. *Socialno-ecologicheskie tehnologii*. 2018. № 2. Pp. 22–33.]

Bodrati A., Cokle K., Di Sallo F.G. Nesting and natural history of the Plain-winged woodcreeper (*Dendrocincla turdina*): Foraging associations and uniparental care. *The Wilson Journal of Ornithology*. 2018. Vol. 130. № 3. Pp. 696–707.

Hariharan G.H. Use of lichens in bird nest construction: Observations from Bolampatti range, Tamil Nadu, Western Ghats. *The Journal of Bombay Natural History Society*. 2005. Vol. 102. № 1. Pp. 121–123.

Ibañez L.M., Garia R.A., Fiorini V.D., Montalti D. Lichens in the nests of European starling *Sturnus vulgaris* serve a mate attraction rather than insecticidal function. *Turkish Journal of Zoology*. 2018. Vol. 42. Pp. 316–322.

Galloway D.J. Lichen biogeography. *Lichen biology*. T.H. Nash III (ed.). Cambridge Univ. Press, 2008. Pp. 317–337.

Graves G.R., Dal Forno M. Persistence of transported lichen at a Hummingbird nest site. *Northeastern Naturalist*. 2018. Vol. 25. № 4. Pp. 656–661.

Lichens of North America. Brodo I.M., Sharnoff S.D., Sharnoff S. (eds.). New Haven and London, 2001.

Seaward M.R.D. Environmental role of lichens. *Lichen biology*. T.H. Nash III (ed.). Cambridge Univ. Press, 2008. Pp. 276–300.

Tibell L., Gibson C.J. Bower decoration with *Usnea* species in the Golden Bowerbird. *Lichenologist*. 1986. Vol. 18. № 1. Pp. 95–96.

Upreti D.K., Nayaka S., Divakar P.K. *Rimelia reticulata* in bird nests. *British Lichen Society Bull.* 2001. № 89. P. 29.

Статья поступила в редакцию 21.12.2018, принята к публикации 11.01.2019

The article was received on 21.12.2018, accepted for publication 11.01.2019

Сведения об авторе / Information about author

**Толпышева Татьяна Юрьевна** – доктор биологических наук; ведущий научный сотрудник кафедры микологии и альгологии биологического факультета, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

**Tatyana Yu. Tolpysheva** – Dr. Biol. Hab.; leading researcher at the Department of Mycology and Algology of Biological Faculty, Lomonosov Moscow State University

E-mail: [tolpysheva@mail.ru](mailto:tolpysheva@mail.ru)



# ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

## Тематика журнала

Журнал «Социально-экологические технологии» специализируется на всестороннем и объективном освещении вопросов экологии: проблемам взаимоотношений организма и среды, человека и природы.

Тематика журнала – экологические исследования в ботанике, зоологии, почвоведении, географии, также публикуются материалы, посвященные экологии человека (физиология, психогенетика, адаптивные способности организма человека).

Для публикации принимаются научные статьи, отражающие результаты оригинальных исследований, а также обзоры и рецензии, информация о программах и совещаниях, о деятельности учреждений, общественных организаций и отдельных специалистов в России и за ее пределами.

## Редакционная политика

Редакции журнала не интересны материалы, основанные на компиляции давно известных фактов! Это не может считаться научной статьей!

Все присланные материалы проверяются при помощи программы «Антиплагиат». В разделах «Результаты», «Выводы» оригинальность должна превышать 80%. Специфика разделов «Введение», «Материалы и методы» позволяет снизить этот показатель до 60%.

## *Журнал строго следит за соблюдением следующих положений этики научных публикаций*

Автор не должен публиковать рукопись, по большей части посвященную одному и тому же исследованию, более чем в одном журнале как оригинальную публикацию.

Представление одной и той же рукописи одновременно более чем в один журнал воспринимается как неэтичное поведение и неприемлемо.

Авторами публикации могут выступать только лица, которые внесли значительный вклад в формирование замысла работы, разработку, исполнение или интерпретацию представленного исследования. Все те, кто внес значительный вклад, должны быть обозначены как соавторы. В тех случаях, когда участники исследования внесли существенный вклад по определенному направлению в исследовательском проекте, они должны быть указаны как лица, внесшие значительный вклад в данное исследование (в сноске).

Нельзя представлять в качестве соавторов те, кто не участвовал в исследовании. Все соавторы должны одобрить окончательную версию работы и согласиться с представлением ее к публикации.

## Рецензирование

Помогает членам редакционной коллегии принять решение о публикации и, при соответствующем взаимодействии с автором, также может помочь ему повысить качество работы. Таким образом, рецензирование – не просто инструмент отбора, но и средство, повышающее научный уровень статьи.

Кроме того, рецензент выявляет значимые опубликованные работы, соответствующие теме и не включенные в библиографию к рукописи. На любое утверждение (наблюдение, вывод или аргумент), опубликованное ранее, в рукописи должна быть соответствующая библиографическая ссылка. Рецензент также обращает внимание редакционной коллегии на обнаружение существенного сходства или совпадения между рассматриваемой рукописью и любой другой опубликованной работой, находящейся в сфере его научной компетенции.

Авторы доклада об оригинальном исследовании должны предоставлять достоверные результаты проделанной работы, как и объективное обсуждение значимости исследования. Данные, лежащие в основе работы, должны быть представлены безошибочно. Работа должна содержать достаточно деталей и библиографических ссылок для возможного воспроизведения. Ложные или заведомо ошибочные утверждения воспринимаются как неэтичное поведение и неприемлемы.

Обзоры также должны быть объективными, точка зрения автора должна быть четко обозначена.

## Плата за публикацию

Редакция не берет с авторов плату за подготовку, размещение и печать материалов.

## Язык публикаций

Журнал принимает к рассмотрению и публикует материалы на русском и английском языках.

Издание  
подготовили  
к печати:  
редактор  
*А. А. Козаренко,*  
корректор  
*А. А. Алексеева,*  
обложка, макет,  
компьютерная  
верстка  
*Н. А. Попова*

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ  
ТЕХНОЛОГИИ

---

2019. Т. 9. № 1

---

Электронная версия журнала:  
[www.soc-ecol.ru](http://www.soc-ecol.ru)

Подписано в печать 29.03.2019 г.  
Формат 60×90 1/16. Гарнитура «Times New Roman».  
Объем 7,75 п. л. Тираж 1000 экз.